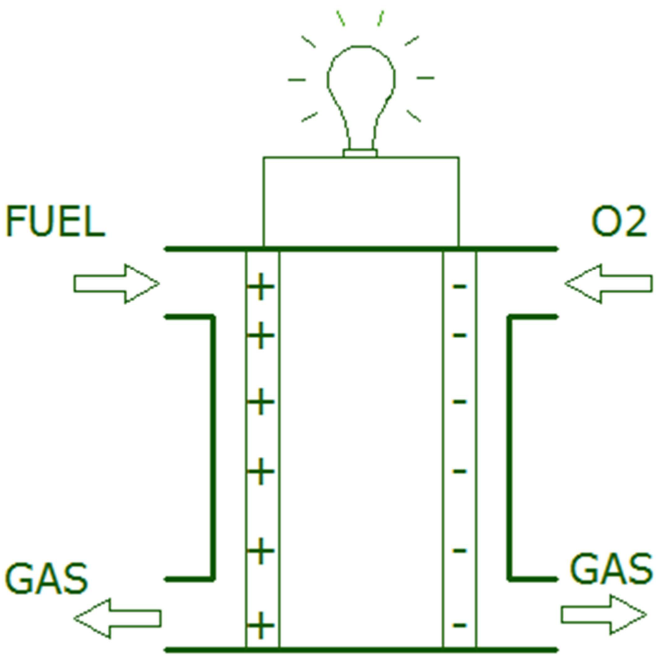
الطاقات المتجددة

و

قضايا البيئة



تأليف وإعداد

المهندس محمد خالد المفتي

الطاقات المتجددة

و

قضايا البيئة

تأليف وإعداد

المهندس محمد خالد المفتي

Renewable
Energy
&
Environmental
Issues

By

Mohamad Khaled Al Mufti

Environment Protector

Email : m_kh_mufti@yahoo.com

بسم الله الرحمن الرحيم

ربي اغفر لي ولوالديً

ربي ارحمهما كما ربياني صغيراً

تقديم

يعتبر هذا الكتاب مرجعاً لمواضيع الطاقات وخصائصها ومصادرها المختلفة وتصنيفها بين طاقات متجددة وغيرها حيث حرص المؤلف على تصنيف الطاقات المعروفة حالياً وتأثير مشاريع استثمارها على البيئة حاضراً ومستقبلاً.

في الواقع رافق مشاريع التنمية في العالم العربي تدهوراً واضحاً للبيئة وتلوث الماء والهواء والتراب .إذ أن اختيار مواقع الصناعة – ومعظم مشاريع التنمية – لا يتم حسب خطط مدروسة لاستخدام الأرض بل بالاستناد إلى عوامل استثمارات اقتصادية و قليلة هي الصناعات العربية التي قامت قبل تشييدها بدراسة مشاكل تلويثها للبيئة وعملت على تجنبها أوتقليصها بإضافة مواد معالجة لملوثاتها أو بانتخاب مواقع لها بحيث تكون أضرار التلوث أقل مايمكن.

إن التنمية الصناعية التي يشهدها العالم العربي والتي تترافق مع الازدياد السكاني وما يصحب ذلك من ضغوط هائلة على الموارد البيئية لتوفير الوسائل اللازمة بغية تأمين الحاجات الأساسية للسكان تجعل من الضرورة التدقيق بمشاريع التنمية ودراسة انعكاساتها على البيئة.

لقد ترك لنا الآباء والأجداد بيئة معاشية تفي بحاجات السكان في المدن و البلدات وكما تحيل الطبيعة –بمشيئة الله – الفحم الأسود بالضغط والحرارة والعوامل المختلفة ...إلى بللورات من الماس النقي، وشتان بين الفحم والماس وهما من معدن واحد، فقد أحال إنسان تلك العصور في هذه المنطقة الصخور والأخشاب والرمال والتراب إلى قصور وحدائق ومنشآت عمرانية رائعة آثارها باقية ليومنا هذا.

البيت هو حديقة مسكونة .... هي مقولة طرحها علينا أستاذنا في جامعة باريس في أواخر الخمسينيات، وهذه المقولة تذكرنا بالبيوت الدمشقية والحلبية التي كان النبات الأخضر جزءاً لا ينفصل من مكوناتها ...الأشجار والعرائش و الأحواض المزروعة بأجمل الأزهار والورود .

المهندس الاستشاري المعماري **عدنان المفتي**

جامعة باريس

خبير الأمم المتحدة للتخطيط الإقليمي

حول هذا الكتاب

تعتبر مسألة الحفاظ على البيئة و حمايتها من كل أشكال التلوث من أهم التحديات التي تواجهها المجتمعات البشرية وذلك لسببين أساسيين :

الأول أنها ترتبط بشكل كبير بمقومات وجود الإنسان على سطح هذا الكوكب فلا يمكن فصل النظام البيئي عن الزراعة وتربية الثروة الحيوانية والصيد البحري و تربية الحشرات المفيدة والنباتات الطبية .

الثاني أنها تؤثر بشكل مباشر بصحة الفرد فالهواء والماء و الغذاء الملوثين هم سبب في ظهور كثير من الأمراض التي لم يعرفها الإنسان قبل ظهور الثورة الصناعية.

للسببين السابقين اجتهد العلماء والباحثون لإيجاد الحلول العملية لإنقاذ كوكب الأرض من هذا التدهور الخطير والذي سيكون له آثاراً كارثية على المجتمعات الحالية و على الأجيال القادمة

من جملة هذه الحلول استخدام ما يعرف بالطاقات المتجددة ويطلق عليها أحياناً اسم طاقة المستقبل .

تجدر الإشارة هنا أن استخدام الطاقات المتجددة لن يوقف عملية انتشار التلوث بشكل كامل لكن سيبطئ من معدل حدوث التلوث ، على سبيل المثال يمكن لأنظمة الطاقة الشمسية تشغيل منشأة صناعية باستطاعة عالية ،في هذه الحالة سنكون قد نجحنا في التقليل من الإنبعاثات الغازية أي التقليل من معدل تلوث الهواء لكن يبقى هناك مشكلة التلوث بالنفايات الصلبة و التلوث بالمعادن الناجمين عن منتجات المصنع بالإضافة لمشكلة التلوث الحراري .

رأى الكثير من العلماء أن الحل الشامل لمشكلة التلوث يكون بالعودة إلى الحياة الأولى قبل اختراع المحرك البخاري وقيام الثورة الصناعية وهذا الحل لم يعجب كبار الرأسماليين في العالم فهم لن يتخلوا عن الأرباح الطائلة التي تدرها عليهم الصناعة ولو على حساب مستقبل الأجيال القادمة .

العودة للحياة الأولى يعني الاستغناء عن الرفاهية المرتبطة باستخدام التيار الكهربائي الذي يعتبر عصب الحياة المعاصرة وهذا الأمر صعب التخيل على غالبية الأشخاص لكنه سيفرض نفسه كحل لا بديل له أمام تدهور الطبيعة وقلة موارد الغذاء وارتفاع معدل الأمراض المختلفة الناجمة عن التلوث .

في الحقيقة التعارض بين التيار الكهربائي وسلامة البيئة فتح لي منفذاً للتخلص من مهنة الكهرباء و لو جزئياً حيث لم أرض عن نفسي يوماً أني مهندس طاقة كهربائية بقدر ما ألوم نفسي على إضاعتي الفرصة أن أكون مهندساً معمارياً لكن في النهاية علينا أن ندفع ثمن الأخطاء التي نرتكبها .

يقسم الكتاب إلى قسمين :

الأول : يتحدث عن أنواع الطاقات التقليدية والمتجددة و هو مفيد للقارئ الذي يرغب بالاستثمار في مجال الطاقات المتجددة و الفني الذي يريد التعرف على هذا النوع من الأعمال وأيضاً لكل من يرغب باستخدام الطاقة الشمسية لأغراض منزلية .

الثاني يتحدث عن معظم أنواع التلوث البيئي وهو مفيد للقارئ المهتم بموضوع الصحة حيث يستفيد من معرفة آثار التلوث البيئي على صحة الإنسان وحتى الحيوان بالتعرف على الأمراض المختلفة والتي سببها الأول هو التلوث .

يتصف الكتاب بالأسلوب البسيط فهو بعيد عن التعقيدات الرياضية واستخدمت فيه واحدات القياس باللغتين العربية والإنكليزية حتى يستطيع فهمه أوسع شريحة من القراء .

يحتوي الكتاب على ثمانين شكلاً توضيحياً قمت برسمها بنفسي باستخدام البرنامج أوتوكاد وذلك توخياً للدقة والوضوح فالرسم كثيراً ما يغني عن الكلام .

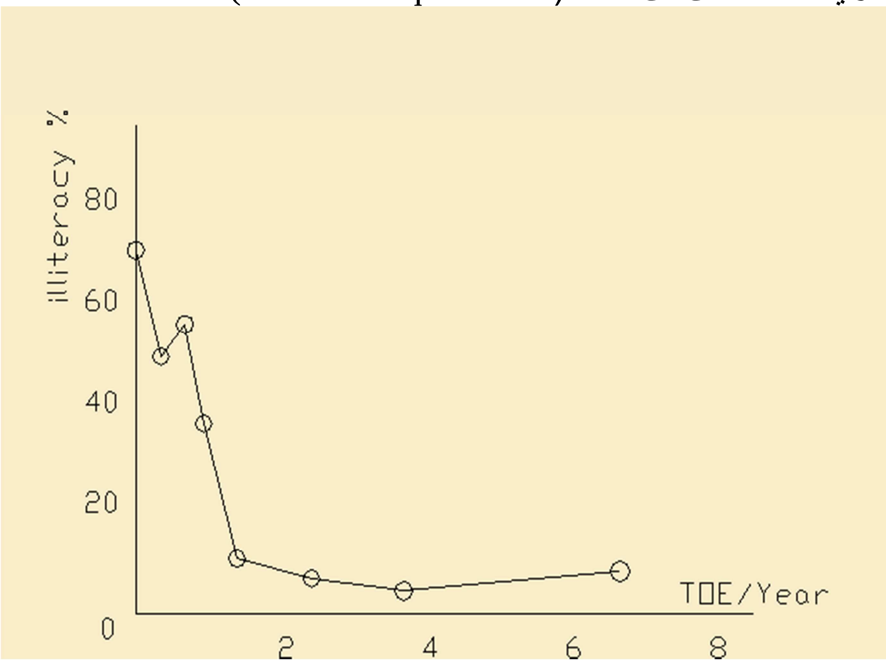
أرجو أن يكون هذا العمل المتواضع مصدر فائدة ونفع للمجتمع .

خالد .....

الفصل الأول

مقدمة

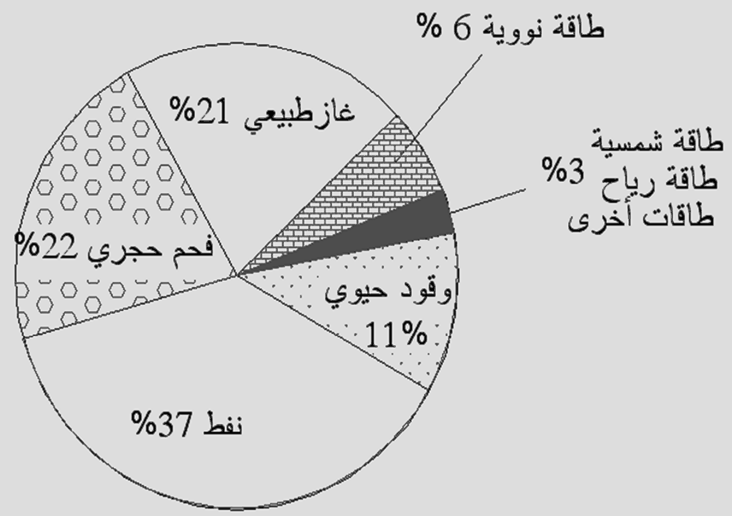
1-1 مفهوم الطاقة :
الطاقة هي مفهوم فيزيائي وبعبارة بسيطة يمكن تعريفها أنها " قدرة جسم ما على إنتاج عمل " وقد أصبحت من أهم مقومات حياتنا المعاصرة. فالطاقة الموجودة على شكل طعام هي من مقومات وجود أي كائن عضوي فالأطعمة بأنواعها تقدم لأجسامنا ما نحتاج إليه للقيام بكافة أنواع الأعمال ،كذلك نحتاج للطاقة بأشكالها المختلفة لتسيير حياتنا اليومية حتى سميت الطاقة الكهربائية "عصب الاقتصاد" . للطاقة أشكال مختلفة مثل : الطاقة الحرارية ،الطاقة الكهربائية، طاقة الثقالة ،الطاقة الكيميائية ، الطاقة النووية طاقة الضوء... قبل ظهور الثورة الصناعية كانت جذوع الأشجار من أهم مصادر الطاقة و بعد اختراع المحرك البخاري و ظهور الثورة الصناعية أصبح الفحم الحجري المصدر الأول للطاقة ، بعد اختراع محرك الاحتراق الداخلي أصبح النفط و مشتقاته أساساً لحياتنا اليومية.
إن الوقود المستحاث (الفحم الحجري ،النفط و مشتقاته) إما أن يستخدم مباشرة كوقود للسيارات أو يتم تحويله إلى طاقة كهربائية تنقل فيما بعد إلى المعامل و المنازل . لقد أصبح من المعلوم للجميع أن التنمية الاقتصادية و الاجتماعية لأي بلد مرتبط بشكل وثيق بتوفر الطاقة الكهربائية في هذا البلد .
الشكل البياني بالأسفل يوضح العلاقة بين انتشار الأمية(illiteracy) و معدل استهلاك الطاقة الكهربائية السنوي بمعدل طن من النفط (toe (ton of oil equivalent.



الشكل(1)

الطلب على الطاقة يتزايد يوماً بعد يوم منذراً بنضوب جميع مصادر الطاقة التقليدية غير المتجددة مما فرض واقعاً إلزامياً بالبحث عن الطاقة البديلة أو الطاقة المتجددة التي تستخرج من عناصر البيئة

الرئيسية مباشرة و لا ينجم عن استخدامها مخلفات ضارة بالوسط البيئي . التطور التقني في مجال البحث عن مصادر الطاقات المتجددة قد أوجد مصادر بديلة للطاقة التقليدية و هذه المصادر تزود بطاقة بديلة اقتصادية ،موثوقة ، فعالة ، بتكلفة معقولة و الأهم من ذلك أنها صديقة للبيئة .



الشكل (2)

رسم تخطيطي للنسب المئوية في استخدام أنواع الطاقات

1- 2الطاقة و الاستطاعة :

سبق و عرفنا الطاقة أنها قدرة الجسم على القيام بعمل ما، على سبيل المثال قطعة من الحطب يمكن أن تحترق وينتج عن احتراقها حرارة، هذه الحرارة يمكن استخدامها في تسخين الماء و توليد البخار ، البخار بدوره يمكن أن يحرك جسماً معيناً (محرك بخاري)، فالطاقة المختزنة في قطعة الحطب تحولت إلى حركة ميكانيكية قدمها محرك البخار .

. العلماء قالوا بأن الطاقة لاتخلق و لا تختفي لكنها تتحول من شكل إلى آخر وهذا يطرح التساؤل التالي :

ما المقصود بنضوب الطاقة التقليدية إذاً ..؟؟ الجواب ببساطة أن الطاقة المستحاثة (النفط) قد تحولت إلى طاقة كهربائية ومن ثم تحولت هذه الطاقة الكهربائية إلى شكل آخر من الطاقة لايزال العلم حتى الآن عاجزاً عن إعادة استغلالها مثل الحرارة المنبعثة من أجهزة التبريد (طاقة حرارية) و مخلفات الصناعات الكيميائية (طاقة كيميائية) .يمكن القول أن مفهوم التلوث البيئي ما هو إلا تراكم الطاقات بأشكالها المختلفة و الغير قابلة للتجديد أو إعادة الاستغلال .الاحتباس الحراري هو تجمع طاقة حرارية في الجو ، تلوث الماء و الهواء هو شكل من أشكال اختزان الطاقة الكيميائية ، المخلفات البلاستيكية المختلفة هي أيضاً شكل من أشكال الطاقة الكيميائية .

تقاس الطاقة بواحدة فيزيائية تسمى (جول) (Joule) و يرمز لها بالرمز(J) و يوجد واحدات أخرى لقياس الطاقة نستخدمها في حياتنا اليومية، فالطاقة المختزنة في الغذاء وتقدر بالكالوري (Calorie) ،الطاقة الكهربائية الواصلة إلينا تقاس بواحدة تسمى الكيلو الواط الساعي و يرمز لها (KWh) أي لو أنك استخدمت مكواة كهربائية مكتوب عليها (1000واط -1000W) لمدة من الزمن مقدارها ساعة واحدة تكون عندها قد استهلكت طاقة كهربائية تساوي واحد كيلو واط ساعي .

الجدول التالي يوضح العلاقة بين واحدات قياس الطاقة المختلفة :

واحدة قياس الطاقة ⟵	واحدة قياس الطاقة المكافئة
1 JOUL or 1 J =	1 Newton- meter = 1 N-m
1 KWh =	3600 KJ
1 Calorie =	4.182 J
1 BTU = وحدة حرارة بريطانية	1055 J
1 Mega joule (MJ) =	278 KWh
1 toe = حرارة احتراق واحد طن من النفط	11634 KWh

كثيرون هم من يخلطون بين مفهومي الطاقة و الاستطاعة ،و يعطون للمفهومين السابقين نفس المعنى .

إن أفضل مكان لتوضيح الفرق بين المفهومين هو المنزل الذي نعيش فيه .....
نحن ندفع قيمة الفاتورة الكهربائية مقابل الطاقة الكهربائية التي استهلكناها خلال مدة زمنية محددة (ستون يوماً مثلاً) .لكن عندما نتحدث عن الأجهزة الكهربائية وحجم العمل المقدم منها أو حجم منها فإننا هنا نستخدم المفهوم(استطاعة) و التي نقيسها بواحدة (واط) و يرمز له(W) نقول مثلاً : مكواة باستطاعة1000 واط ، سخان ماء استطاعة 2000واط .....الخ .كذلك من الواحدات الشائعة لقياس الاستطاعة هي الحصان البخاري و يرمز له (HP).
إن سبق لك و اشتريت مضخة ماء كتب على لوحتها(0.5 HP) هذا يعني أن استطاعة المضخة تساوي نصف حصان ،الحصان البخاري تقريباً يساوي 746 واط .

فإذا كان لدينا جهازين لتسخين الماء الأول باستطاعة 1500واط و الثاني باستطاعة 3000واط و قمنا بتشغيل السخانين معاً لمدة ساعة واحدة عندها :
الجهاز الأول سوف يستهلك طاقة كهربائية مقدارها 1.5 KWh
الجهاز الثاني سوف يستهلك طاقة كهربائية مقدارها 3 KWh
أي أن الجهاز الثاني استهلك ضعف الطاقة التي استهلكها الجهاز الأول خلال نفس المدة الزمنية .
كلما زادت استطاعة الجهازكلما زاد استهلاكه للطاقة خلال مدة زمنية محددة . كما سبق و ذكرنا من واحدات قياس الطاقة هي الجول فإذا تخيلنا جهازاً يستهلك طاقة مقدارها واحد جول خلال مدة زمنية مقدارها واحد ثانية نقول عن هذا الجهاز أن استطاعته واحد واط .
أو إذا تخيلنا محركاً يقدم عملاً مقداره جول واحد خلال ثانية واحدة نقول أن استطاعة هذا المحرك تساوي واحد واط .
أي ان واحد واط هو طاقة (عمل) مقدارها واحد جول تنقل خلال زمن مقداره ثانية واحدة .
100 واط هو طاقة مقدارها 100جول تنقل خلال زمن مقداره ثانية واحدة .
الاستطاعة هي معدل الطاقة المنقولة في واحدة الزمن .

الاستطاعة(واط) = الطاقة أوالعمل (جول) المصروف في واحدة الزمن(ثا)

$$P (W) = E (J) / t(s)$$

3-1 مصادر الطاقة التقليدية :

1-3-1 الوقود المستحاث *Fossil Fuel* :

الأشكال الثلاثة الرئيسية للوقود المستحاث هي : الفحم الحجري ، النفط و الغاز الطبيعي .هذ ا الشكل من الطاقة تشكل في باطن الأرض عبر ملايين السنيين حتى قبل ظهور الديناصورات العنصر الرئيسي المشترك بينها هو الكربون .

* الفحم الحجري *Coal* :

الفحم الحجري هو حجر أسود اللون قاس مكون من الكربون ،الهيدروجين، الأوكسجين ، النتروجين مع نسب غير ثابتة من مادة الكبريت .هناك ثلالثة أنواع رئيسية :الانثراسيت – البيتوميني – ليجنيت .
النوع الأول هو الأقسى و يمتلك أعلى نسبة من الكربون و بالتالي يمتلك محتوى عالي من الطاقة
النوع الثاني أقل قسوة من النوع الأول ويمتلك نسبة كربون أقل لكن نسبة الأوكسجين و الهيدروجين أعلى . النوع الليجنت يحتل المرتبة الوسطى بين النوعين السابقين .
يتم استخراج الفحم من باطن الأرض بطرق مختلفة بواسطة الحفر في الأعماق باتجاه عمودي أو شاقولي بواسطة عمود حفر خاص و عمال المنجم ينزلون للأعماق بواسطة عربات قطار أو مصاعد خاصة للحفر من أجل الحصول على الفحم . نوع آخر من الفحم يستخرج من مناجم على السطح حيث يتم قشر الطبقة المغطية بواسطة مجرفة ضخمة من ثم انتشال الفحم بعدها تعاد الطبقة المقشورة من التربة لمكانها .
يتم نقل الفحم من المناجم إلى مناطق الاستهلاك بواسطة القطار أو السفن أو حتى عبر الأنابيب مثل النفط والغاز حيث يتم مزج الفحم الصلب مع الماء و يشكل سائلاً لزج يسمى slurry يتم بعدها ضخه لمسافة عدة أميال عبر الأنابيب ليستخدم بعدها في المصانع أو محطات توليد الطاقة الكهربائية
الاحتياطي العالمي من الفحم الحجري قدر عام 2005 بكمية تساوي(16500مليون) طن .يتوقع المراقبون نضوب هذه الطاقة بعد 155 سنة .

* النفط *Oil*:

تشكل النفط في باطن الأرض منذ حوالي 300 مليون سنة . العلماء كشفوا بأن النفط تشكل من تراكم الطحالب البحرية في سرير البحر حيث دفنت تحت الرواسب و الصخور، الوزن الهائل للرواسب سحق الطحالب و الطاقة المختزنة في أجسامها بقيت على حالها ولم تتسرب ، جزيئات الفحم بالنهاية تحولت إلى نفط تحت تأثير الضغط و الحرارة العاليين و حيث أن الأرض تعرضت لتغييرات جيولوجية خلال ملايين السنيين فقد تشكل فيها جيوب و ممرات جوفية تجمع فيها النفط و الغاز.
النفط هو مزيج من مواد كربوهيدرية و بعض العناصر غير العضوية كالكبريت ،الأوكسجين النتروجين ،النفط الخام و هولايصلح للاستخدام المباشر لذلك يتم تكريره بمصافي التكرير وينتج من ذلك مواد مشتقة :البنزين ،الديزل ، الكيروسين، و بعض المواد الصلبة مثل النايلون ،البلاستيك ،مواد الطلاء ...الخ .
لاستخراج النفط أو الغاز الطبيعي من باطن الأرض يتم استخدام حفارات خاصة مزودة بمسبار حفر ضخم يصل لأعماق سحيقة ولدى الوصول لطبقة النفط أو الغاز يتم ضخ النفط أو الغاز بواسطة مضخات خاصة ومن ثم ينقل بأنابيب لموائىء الشحن أو لمصافي التكرير .
الاحتياطي العالمي من النفط الخام قدر عام 2005 بكمية (1200 مليار) برميل .يتوقع المراقبون نضوب هذه الطاقة بعد 40 سنة .

*** الغاز الطبيعي *Natural Gas* :**

الغاز الطبيعي أخف من الهواء و العنصر الرئيسي المكون للغاز الطبيعي هو غاز الميتان، الميتان مكون من ذرة كربون مرتبط بأربع ذرات من الهيدروجين وله الرمز الكيميائي CH_4 .
غاز الميتان ذو قابلية عالية للاشتعال . يستخرج الغاز الطبيعي من باطن الأرض وغالباً ما يتواجد قرب حقول النفط يتم ضخه من باطن الأرض و ينقل عبر أنابيب إلى وحدات التخزين، يمزج الغاز مع مواد كيميائية تمنحه رائحة غير مستحبة كرائحة البيض المتعفن و الغرض من ذلك اكتشاف حالات تسريب الغاز على الفور.
الاحتياطي العالمي من الغاز الطبيعي قدر عام 2005 بكمية (180 مليار) متر مكعب . يتوقع المراقبون نضوب هذه الطاقة بعد 65 سنة .

*** نوعية الوقود :**

جميع أنواع الوقود المستحات تتباين فيما بينها بخاصية الاحتراق و الحرارة الناجمة عن هذا الاحتراق بعبارة أخرى كمية الطاقة العظمى المستخرجة من واحدة الكتلة للوقود ،هذا المعيار الفيزيائي يطلق عليه Calorific Value و يرمز له (CV).
يمكن تعريف CV كالتالي :كمية الحرارة التي تنطلق من احتراق واحدة الكتلة من الوقود .تقدر بواحدة كيلوجول لكل كيلو غرام أي (KJ/kg) .
الجدول في الأسفل يوضح هذه القيمة لنوعيات مختلفة من الوقود .

الوقود	CV MJ/kg
الديزل	**46- 45**
الفحم الحجري	**31 - 28**
الكيروسين	**35**
البنزين	**46,9 -44,8**
الحطب	**16**
الإيثانول	**30**
الهيدروجين	**141**

2-3-1 الطاقة النووية :

الطاقة الناتجة عن المفاعلات النووية تشكل تقريباً 17 %من إجمالي الطاقة العالمية.فبعض بلدان العالم تعتمد على الطاقة النووية بالدرجة الأولى أكثر من أي مصدر آخر للطاقة ،ففي فرنسا مثلاً 75%من الطاقة الكهربائية المولدة هو من مفاعلات نووية ، يوجد أكثر من 400 مفاعل نووي حول العالم وأكثر من مئة في الولايات المتحدة وحدها .

التفاعل المولد للطاقة داخل المفاعل يسمى الانشطار الذري ويعتمد بدوره على عنصريين أساسيين هما الثوريوم و اليورانيوم .
الثوريوم Th^{232} متوفر بالطبيعة بكميات ضخمة ويمكن الاعتماد عليه بتوليد الطاقة الكهربائية في المفاعلات لكن لم يستغل حتى الآن بالشكل الأمثل لمتطلبات تقنية خاصة .
لليورانيوم ثلاثة أنواع : اليورانيوم الطبيعي U^{238} له النسبة الأكبر 99,3% من كل أنواع اليورانيوم النوع الثاني U^{234} نسبته ضئيلة جداً 0,005% ، النوع الأخير هو U^{235} و يمتاز عن النوعين السابقين بقابليته للانشطار لذلك يستخدم في المفاعلات لانتاج الطاقة النووية .

فيزياء الإشعاع النووي :

الإشعاع النووي هو إصدار الطاقة من نقطة أصل، وكل إشعاع قادر على توليد الإيونات بشكل مباشر أو غير مباشر وذلك بالتفاعل مع مادة تسمى إشعاع التأين، إشعاع التأين يتولد من الاستخدامات الطبية أو النووية أو الصناعية ،ويتم تصنيف الإشعاع بالاعتماد على طول الموجة حيث أن الطاقة المنقولة نتيجة إشعاع معين تعتمد على طول الموجة الحاملة للطاقة، كلما كان طول الموجة أقل كلما كان التردد والطاقة أعلى حيث أن طول الموجة يساوي سرعتها مقسوماً على التردد.

نصف عمر المادة المشعة Half –life Period : هو الزمن اللازم لاختفاء نصف الكمية الأصلية للمادة المشعة .

على سبيل المثال لاختفاء نصف غرام من الراديوم من أصل واحد غرام نحتاج لفترة زمنية مقدارها 1590 سنة .

فيمايلي نصف عمر بعض المواد المشعة مع نوع الإشعاع :

المادة المشعة	نوع الإشعاع	نصف عمر المادة
كربون Carbon-14	بيتا	5730 سنة
سيزيوم Cesium-135	بيتا	3 مليون سنة
سيزيوم Cesium-137	بيتا	30.17 سنة
تريتيوم Tritium-3	بيتا	12.33 سنة
اليود Iodine-129	بيتا	16 مليون سنة
بولونيوم Polonium-210	ألفا	138.4 يوم
بلوتونيوم Plutonium-239	ألفا	24000 سنة
زينون Xenon-133	بيتا	5.25 يوم
راديوم Radium-266	ألفا	1630 سنة
ثوريوم Thorium-230	بيتا	80000 سنة
يورانيوم Uranium-234	ألفا	245 مليون سنة

الاندماج الذري *Nuclear Fusion:*

عندما تضغط نوى الذرات مع بعضها يحصل بينها اندماج و ينطلق إثر ذلك كمية هائلة من الطاقة و السبب أن كتلة مجموع النوى المندمجة هي أقل من مجموع كتل النوى عندما تكون بعيدة عن بعضها ،هذا النقص في الكتلة يأتي بشكل طاقة وفقاً لنظرية انشتاين بالنسبة للعناصر الكيميائية ذات الكتلة الذرية أثقل من الحديد عملية الانشطار سوف تعطي طاقة .

عندما اقتراب نترون من نواة ذرة يورانيوم،ما أن تلتقط النواة النترون حتى تنقسم إلى ذرتين أخف من الأصلية ويصدر عنها نترونين جديديين أو ثلاثة. الذرتان الجديدتان تقومان بإصدار أشعة غاما بعد أن تستقرا فيزيائياً .

هناك ثلاثة ميزات مهمة لآلية الانشطار المحثوث :

1- احتمالية التقاط الالكترون من قبل ذرة اليورانيوم عالية جداً وتعرف لدى العاملين ضمن المفاعل بالحالة الحرجة (*The critical state*) فكل نترون ناجم عن عملية انشطار يتسبب في ظهور عملية انشطار جديدة .

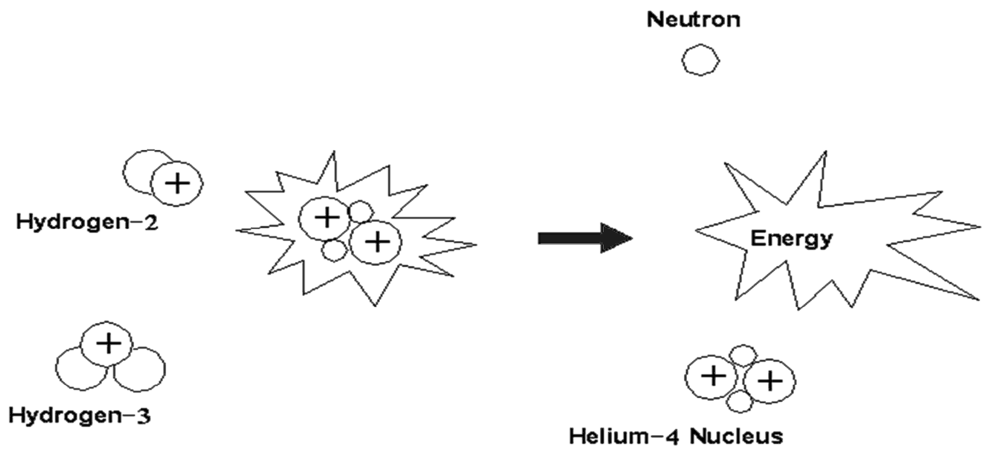
2- إن عملية التقاط الالكترون و الانقسام بعدها تحدث بسرعة هائلة جداً حيث تستغرق فترة زمنية قدرها واحد بيكو ثانية أي واحد بالمليون من المليون من الثانية .

3- الانشطار يصدر كمية هائلة جداً من الطاقة على شكل حرارة وعلى شكل أشعة غاما .الذرتان الجديدتان الناتجتان عن الانقسام كل منهما بدورها تطلق أشعة بيتا و أشعة غاما أيضاً.
الطاقة الناجمة عن عملية انشطار واحدة مبنية على الحقيقة العلمية أن وزن جميع نواتج الانشطار أقل من وزن ذرة اليورانيوم الأم و هذا الفرق في الكتلة تحول إلى طاقة حسب معادلة انشتاين :

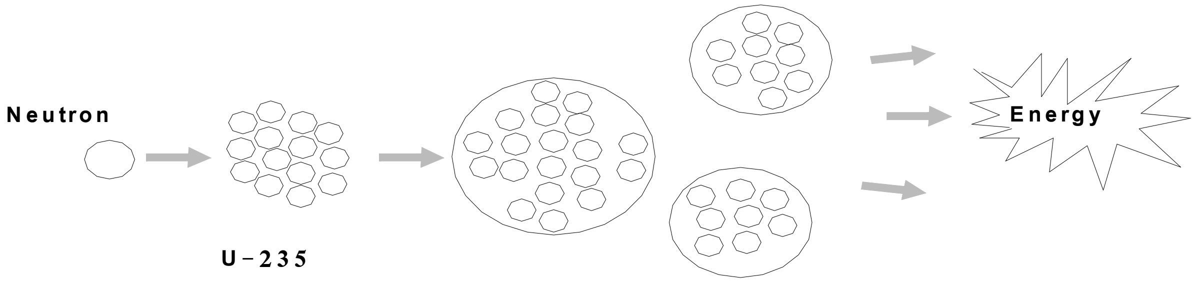
$$E= mc^2$$

حيث c هي سرعة الضوء

في المفاعلات النووية يتم الانشطار لأكثر من ذرة يورانيوم U^{235} و هذا يتطلب تخصيب عينة من اليورانيوم بحيث تحوي 2% أو 3% من اليورانيوم U^{235} وهي كافية بالنسبة للمفاعلات المستخدمة لأغراض سلمية ،المفاعلات المخصصة للمجهود الحربي تحتوي أكثر من 90% من يورانيوم U^{235}



الشكل(3) عملية الاندماج النووي



الشكل (4) عملية الانشطار الذري

ماذا يوجد داخل المفاعل النووي ... ؟

لبناء مفاعل نووي يجب تأمين بعض اليورانيوم المخصب بعناية .يتم تشكيل اليورانيوم بشكل كريات بطول يساوي عشر الإنش تقريباً .يتم وضع جمع الكريات بشكل أصابع و الأصابع بدورها تجمع على شكل حزم و رزم يتم تغطيس الحزمات في الماء ضمن وعاء ضغط خاص حيث يستخدم الماء للتبريد و حتى نضمن عمل المفاعل لابد من التأكد أن الحزمات المغطسة بالماء يحدث فيها التفاعل النووي بشكل تسلسلي و تلقائي .بدون عملية التبريد سيحدث زيادة تسخين لليورانيوم ثم ينصهر.لمنع حدوث ذلك يتم استخدام قضبان مصنوعة من مواد خاصة تراقب حركة الالكترونات و يمكن التحكم بوضعيات القضبان للأعلى و الأسفل و هذا يعطي الإمكانية للمشغل بالتحكم بمعدل التفاعل النووي.
عندما يحتاج المشغل لإنتاج المزيد من الحرارة من حزم اليورانيوم يتم عندها سحب القضبان للأعلى و عند الحاجة لتخفيض الحرارة المنتجة يتم غمس القضبان داخل الحزم .عندما يتم غمس القضبان بشكل كامل يتوقف المفاعل عن العمل وهذا الإجراء يتخذ في حالات الصيانة أو نقص الوقود .

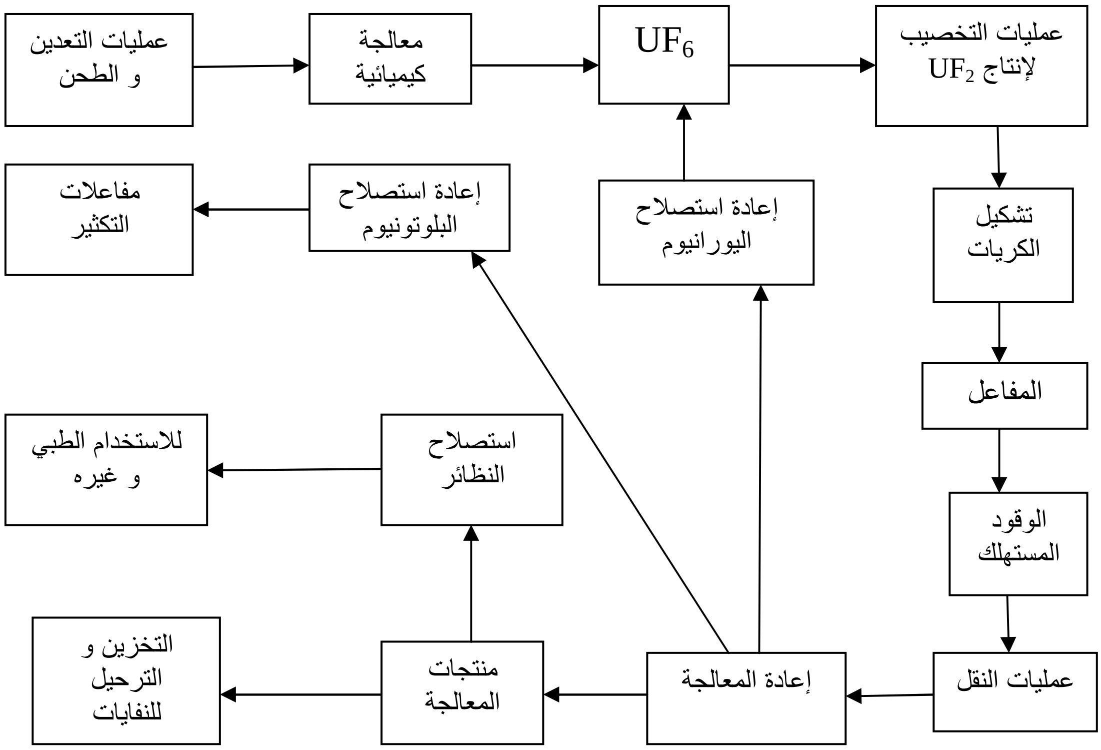
ماذا يوجد خارج المفاعل النووي ... ؟

وعاء ماء التبريد يوضع ضمن أسطوانة من الاسمنت لها وظيفة حجاب واقي من الإشعاع وه بدورها متوضعة ضمن غرفة فولاذية كتيمة وهذه الغرفة تحتوي نواة المفاعل و التجهيزات الإضافية (الروافع، العربات ...الخ) الغرفة الفولاذية تمنع حدوث أي تسريب غازي أو سائل اشعاعي خارج المفاعل .
و أخيراً توضع الغرفة الفولاذية ضمن بناء اسمنتي قوي ومدعم يضمن الحماية للمفاعل من الحوادث العنيفة مثل اصطدام طائرة بالمفاعل ، إن غياب بناء الحماية هو السبب في حصول ا لتسريب الإشعاعي من مفاعل تشيرنوبل الروسي .

دورة العمل للوقود النووي :

تبدأ دورة العمل مع بداية عمليات التعدين للفلز ثم عمليات الطحن و المعالجة الكيميائية لتركيز و استخراج اليورانيوم تاركة وراءها بعض المخلفات المشعة تسمى هذه المخلفات مخلفات طاحونة اليورانيوم ، ينتج عن عمليات الاستخراج الكيميائية سائل منخفض الدرجة الإشعاعية في حين أن مخلفات الطاحونة تسبب تلوثاً إشعاعياً للهواء و الماء .
بعد تركيز اليورانيوم على شكل أوكسيد اليورانيوم U_3O_8 يتم تحويله لشكل خامس فلور اليورانيوم UF_5 المناسب لعملية التخصيب القادمة ،اليورانيوم الذي يشتق من الفلز مباشرة هو U^{283} مع نسبة بسيطة بحدود 7% من U^{253} و التي لا تكفي للعمل كوقود نووي لذلك يتم زيادة تركيز هذا العنصر لإنتاج الشكل الأخير الذي يسمى اليورانيوم المخصب .ينتج عن عملية التخصيب نواتج غازية وسائلة ذات مستوى إشعاعي منخفض تسربها ضمن الأرض يتسبب بتلوث المياه الإشعاعي.
يخضع اليورانيوم المخصب لعمليات كيميائية ليتحول إلى أوكسيد اليورانيوم UO_2 من ثم يحول على شكل مسحوق و يجمع على شكل كريات ليتم استخدامه بالمفاعل لاحقاً .الوقود الذي يوضع ضمن حجرة المفاعل يستمر بالعمل لمدة 2 -3 سنة بعدها يتم استبداله بوقود طازج والوقود المستهلك يخزن في خزانات خاصة ضمن موقع المفاعل لبضعة أشهر ثم تنقل لوحدات إعادة المعالجة .

في وحدات إعادة المعالجة يتم فصل اليورانيوم و البلوتونيوم من الوقود المستهلك و المزيج المتبقي الذي لازال يمتلك درجة إشعاعية عالية يخزن لعدة سنوات بهدف إخماد النشاط الإشعاعي المتبقي قبل أن يتم التخلص منه نهائياً.



نواتج الانفجار النووي :

تنفذ التفجيرات النووية من أجل اختبار قوة قنبلة طورت حديثاً أو لأغراض سلمية مثل أعمال حفر الأنفاق و المناجم العملاقة ...وينتج عن هذه التفجيرات كميات ضخمة من العناصر المشعة تنطلق باتجاه الوسط البيئي هذه النواتج تندمج مع جزيئات الغبار المنتشرة في الجو و تتجه نحو الأعلى تحت تأثير تيارات الغازات الساخنة المتصاعدة نحو الغلاف الغازي ثم تتساقط هذه النواتج المشعة بفعل الجاذبية الأرضية فوق سطح الأرض وتسمى ب المتساقطات المشعة و تختلف هذه النواتج عن باقي المخلفات النووية بأنها تلتحم مع الأجسام الصلبة الغبار ، التراب ،الحديد ،السيليكات وتصبح غير قابلة للانحلال و التفكك و أشكالها تبدو مثل كريات الدحاحل الملونة بأحجام مختلفة تتراوح بين عدة ميكرونات إلى حجم حبيبات الثلج .

النواتج المشعة يمكن أن تنشأ مباشرة أثناء عملية الانشطار الذري أو عن طريق امتصاص الالكترونات المتحررة من قبل العناصر المحيطة.

في حين أن النواتج المشعة كبيرة الحجم نسبياً تصل سطح الأرض بعد عدة ساعات من الانفجار تبقى النواتج الصغيرة معلقة بالغلاف الجوي و غالباً ما تصل سطح الأرض عن طريق الأمطار أو الثلوج و هذا النوع يلتصق بشدة بالأوراق النباتية التي يسقط عليها ومن ثم يصل لجسم الإنسان عن طريق تناول لحوم و ألبان الحيوانات الآكلة للنبات الملوث .

الماء الملوث إشعاعياً :

ينتج عن مخلفات الوقود النووي المستهلك ماء على درجة عالية من الإشعاع بالإضافة للمخلفات الصلبة التي تتجمع على شكل كريات على طول أنابيب التصريف ، هذه النواتج الصلبة و السائلة لايمكن إطلاقها نحو البيئة مباشرة.

ينتج الماء الملوث أثناء عمليات الصيانة للمفاعل كذلك أثناء أعمال التنظيف للمخابر الإشعاعية داخل المفاعل و للمغاسل و الحمامات حيث يتم التخلص من ألبسة العمل ، أدوات التنظيف ، الأنابيب المخبرية و غيرها ممن يمتلك درجة إشعاعية منخفضة .

بالنسبة للمخلفات التي تملك درجة منخفضة من الإشعاعية يمكن تحويلها لأي شكل آخر من أشكال المادة الغازية أو السائلة أو الصلبة على الأغلب يتم التخلص منها باتجاه الوسط البيئي و لا سيما المجاري المائية بعد الخضوع للمعالجة الكيميائية أو حتى بدونها عموماً يجب توخي الحذر حتى لا تدخل في السلسلة الغذائية .

مساوئ استخدام الوقود النووي :

- عمليات جمع و تنقية اليورانيوم حتى الآن لاتتم بالصورة المطلوبة بحيث تضمن عدم حدوث أدنى تسريب .
- إن وجود خطأ طفيف في تصميم المفاعل أو تشغيله يمكن أن يسبب كوارث بيئية و بشرية كما حصل مع مفاعل تشيرنوبل حيث نفث أطناناً من الغبار الذري إلى الغلاف الجوي .
- مخلفات الوقود الناجمة من المفاعل شديدة السمية وحتى الآن لم يتم التوصل إلى طريقة آمنة و عملية لتخزين هذه المخلفات .
- إن عملية نقل الوقود النووي من و إلى المفاعل النووي تنطوي على الكثير من المخاطر .

الفصل الثاني

الطاقات المتجددة

2- الطاقة الشمسية :

1-2 الإشعاع الشمسي :

إن كوكب الأرض يتلقى الطاقة من الشمس ، جميع المواد الموجودة بأشكال صلبة أو سائلة أو غازية تصدر طاقة بشكل أمواج كهرومغناطيسية ، الشمس هي كرة من الغازات الملتهبة بقطر مقداره 1390مليون متر وبسبب درجة حرارتها العالية تصدر الشمس كميات ضخمة جداً من الطاقة على شكل أمواج كهرومغناطيسية و تسمى بالطاقة الإشعاعية ، الطاقة الإشعاعية للشمس تنتقل إلى الأرض على شكل فوتونات (حاملات صغيرة جداً للطاقة) و تسير بسرعة 300 مليون متر بالثانية .

هذه الطاقة يمكن تحويلها لطاقة حرارية أو كيميائية أو كهربائية ..الخ .

عندما يتم امتصاص الفوتون من قبل سطح معدني فإن طاقة الفوتون تتحول إلى طاقة حرارية .

عندما يسقط الفوتون على أوراق النبات فإن الطاقة التي يحملها تتحد مع الأوكسجين لتتحول فيما بعد إلى طاقة كيميائية يختزنها النبات (عملية التركيب الضوئي) .

عندما يسقط الفوتون على خلية كهرضوئية تتحول طاقته إلى طاقة كهربائية ،إن الطاقة التي تحملها الفوتونات الواصلة للأرض هي المسؤولة عن الحفاظ عند درجة حرارة الأرض .

الطاقة الحرارية تسبب حدوث التبخر على المسطحات المائية وتشكل الغيوم و هطول الأمطار .

إن التفاوت في درجات الحرارة على سطح الأرض هو الذي يسبب حركة الرياح .

إن الإشعاع الشمسي لا يسقط على سطح الأرض بشكل متساو ولكن بشكل متفاوت ،فهي تختلف من مكان لآخر ومن فصل لآخر ،لذلك عند تصميم نظام طاقة شمسية لابد قبل ذلك من معرفة مقدار الاشعاع الشمسي في منطقة العمل .

إن المسافة بين الشمس و الأرض تبقى ثابتة تقريباً على مدار العام لذلك مقدار الإشعاع الشمسي على الأرض يبقى ثابتاً ، يقاس حجم الإشعاع الشمسي بما يعرف ب ***الثابت الشمسي*** .

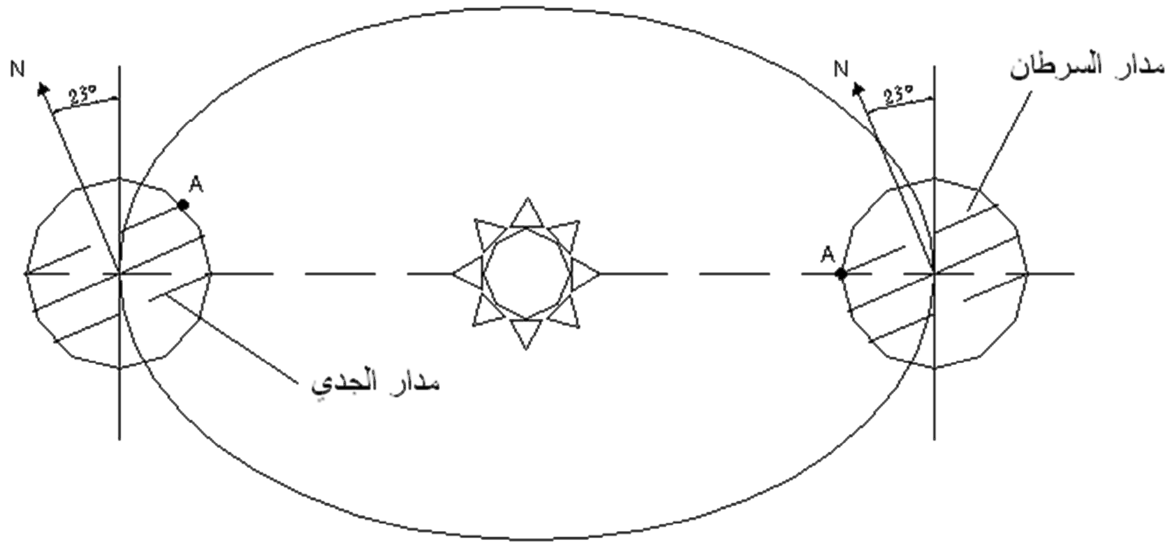
الثابت الشمسي هو الكثافة الوسطى للإشعاع الساقط بشكل عمودي على واحدة المساحة من الأرض عند المسافة الوسطى بين الشمس و الأرض .

قيمة الثابت الشمسي هي **1367 واط للمتر المربع** أخذت هذه القيمة من قياسات مخبرية .

عند اختراق الإشعاع الشمسي الغلاف الجوي المحيط بالأرض فإن جزأً من الإشعاع يتم امتصاصه و بعثرته مما يقلل من قيمة الإشعاع الواصل للأرض . هذا يحصل لوجود طبقة الأوزون و الغازات المتبخرة و ذرات الغبار المعلقة بالهواء . في عملية الامتصاص يعطي الإشعاع جزءاً من طاقته الحرارية للجزيئات الغازية و ذرات الغبار الموجودة في الغلاف الجوي ،بحدود 20% من الطاقة الإشعاعية يتم امتصاصها ، في عملية التبعثر أشعة الشمس والتي كانت متوازية قبل دخولها الغلاف الجوي لم تعد كذلك تتغير اتجاهاتها بشكل عشوائي هذه الأشعة المتبعثرة تسمى بالإشعاع المتبعثر أشعة الشمس الواصلة لسطح الأرض تسمى الإشعاع المباشر .

من أجل تصميم نظام طاقة شمسية فعال يجب معرفة كمية الإشعاع الشمسي في مكان استخدام النظام المصمم و هذا بدوره يتطلب معلومات إضافية : الارتفاع عن سطح البحر ، خط الطول ، الساعة من اليوم ، اليوم من السنة .
منذ الصباح حتى فترة الظهيرة زاوية ميلان الشمس تتناقص و هذا يعني تزايداً في الإشعاع الشمسي و العكس يحدث من بعد الظهيرة حتى الغروب .

سندرس العلاقة بين حركة الأرض و الشمس ....
الأرض تدور حول الشمس وفق محورها الخاص ،محور دوران الأرض مائل بزاوية مقدارها 23 درجة كما يوضحه الشكل (5) ، هذه الحركة للأرض مع التموضع المائل هو سبب حصول فصول السنة الأربعة على مدار العام .يظهر في الشكل خط الاستواء ،مدار الجدي ، مدار السرطان .

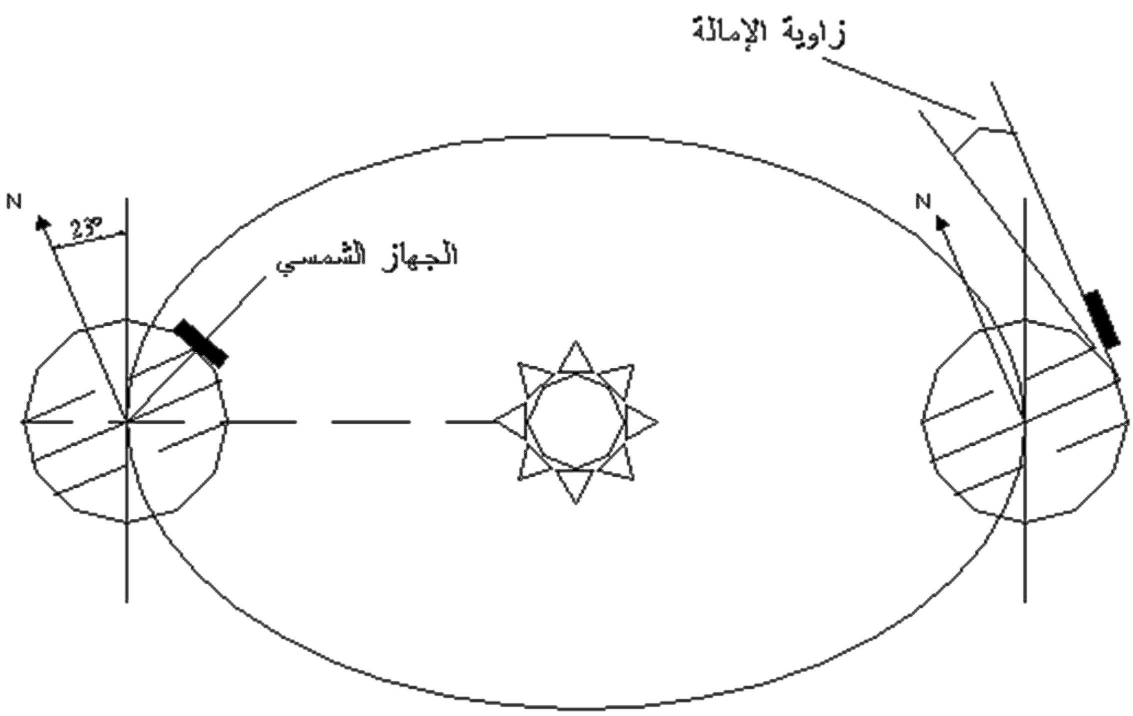


الشكل ٥

يظهر من الشكل أنه في يوم 21 حزيران و المعروف بالانقلاب الصيفي تكون نقطة المرجع (A) عند مدار السرطان المائل 23 درجة باتجاه الشمال واقعة مباشرة فوق أشعة الشمس عند الظهيرة لهذا فالمناطق الواقعة على مدار السرطان ستحصل على أعلى نسبة من الإشعاع الشمسي في يوم 21 حزيران و بالتالي شهر حزيران سيكون من فصل الصيف لتلك المناطق .
و بشكل مشابه فإن يوم 21 كانون الأول و المعروف بالانقلاب الشتوي يكون فيه مدار الجدي المائل 23 درجة باتجاه الجنوب واقعاً مباشرة على أشعة الشمس عند الظهيرة لذلك المناطق الواقعة على مدار الجدي يكون شهر كانون الأول من أشهر الصيف بالنسبة لها .النقطة (A) سيتغير موقعها في هذا اليوم كما يوضحه الشكل و ستحصل على كمية أقل من الإشعاع الشمسي و سيكون فصل شتاء في المناطق الواقعة على مدار السرطان .
بين شهري حزيران وكانون الأول تمر الأرض بطور تكون فيها المناطق الاستوائية متعامدة مع أشعة الشمس وهذا يحدث في يومي 21 إيلول و 21 آذار و تسمى هذه الأيام بالاعتدال الشمسي المناطق الاستوائية تتلقى أكبر نسبة من الإشعاع الشمسي في هذه الفترة من السنة .

في الشكل (6) النقطة (A) واقعة على مدار السرطان .سيتم تركيب نظام طاقة شمسية في هذه النقطة .

يتضح من الشكل أن النقطة (A) ستحصل على أكبر مقدار من الإشعاع الشمسي في فصل الصيف و بالتحديد في شهر حزيران في حين لن تحصل إلا على قدر ضئيل من الإشعاع الشمسي في شهر كانون الأول أو في الشتاء بشكل عام .



الشكل ٦

ففي شهر كانون الأول ستكون أشعة الشمس الواصلة لهذه النقطة مائلة بزاوية قدرها 23+23= 46درجة عن محور دوران الأرض .

لكن من المفترض أن يتلقى جهاز الطاقة الشمسية نفس المقدار من الإشعاع الشمسي على مدار العام ، بل أكثر من ذلك ففي الشتاء يجب أن يتلقى مقدار أكبر من الإشعاع ليعطي نفس كمية الحرارة التي كان يعطيها في فترة الصيف ، لتحقيق ذلك يجب وضع الجهاز بزاوية مائلة تسمح بوصول أكبر قدر ممكن من الإشعاع لسطح الجهاز ،لذلك الزاوية العظمى بين أشعة الشمس في فترة الظهيرة و الخط العمودي على سطح الجهاز هي نفسها زاوية الميل لمحور دوران الأرض عن خط الشاقول .

من الشكل السابق يتضح أيضاً أن الأجهزة المتوضعة في نصف الكرة الشمالي يجب إمالتها باتجاه الشمال و الأجهزة المتوضعة في نصف الكرة الجنوبي يجب إمالتها نحو الجنوب .

التقنيات الحديثة أنتجت أجهزة تقوم بتعقب الشمس مباشرة بشكل آلي دون الحاجة لتعديل وضعية الجهاز .

2—2 تقنية الخلايا الكهرضوئية :

تصنع الخلايا الكهرضوئية من مواد نصف ناقلة كتلك التي تصنع منها القطع الالكترونية (دايود ، ترانزيستور ...) وهي تقع بالوسط بين النواقل و العوازل فلها خواص مثل الألمنيوم و خواص مثل البلاستيك ،وهي تحول ضوء الشمس مباشرة إلى كهرباء .فعند تعرض المرآة الشمسية لضوء الشمس ينتج على مخارجها تياراً كهربائياً بجهد معين ، وقيمة التيار والجهد الكهربائيين الناتجين تتعلق بكمية ضوء الشمس الساقط على المرآة ، وفي حال عدم وجود الضوء الكافي لن ينتج أي تيار كهربائي على المخارج ،كذلك قيمة التيار الناتج تناسب طرداً مع قيمة السطح العاكس أو مع مساحة المرآة.

إن التيار الكهربائي الناتج عن الخلايا الكهرضوئية هو تيار مستمر DC في حين أننا نحتاج لمتطلباتناالحياتية تياراً متناوباً AC .لتحويل التيار المستمر إلى تيار متناوب نستخدم جهازاً كهربائياً يسمى المقطع - انفيرتر(Inverter) .

الميزة الرئيسية للخلايا الكهرضوئية أنها تحول الضوء مباشرة إإلى كهرباء دون الحاجة لوسائل مساعدة كما هو الحال في باقي أنواع الطاقات المتجددة (طاقة الرياح ، طاقة المد والجزر) .

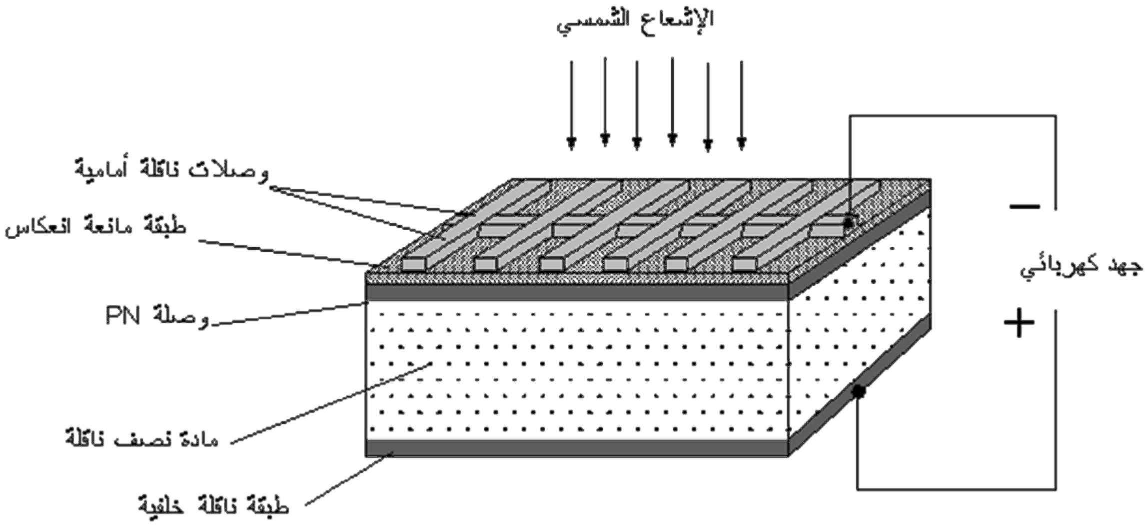
بالإضافة أنها لاتحوي أجزاء متحركة يمكن أن تتآكل مع مرور الزمن وبالتالي لا يوجد حاجة لصيانة دورية لكن من مساوئها أنها لاتعطي طاقة كهربائية بغياب الضوء فلايمكن استخدامها ليلاُ أو في الأيام الغائمة لذلك لابد أن يستخدم معها وسيلة لتخزين الطاقة الكهربائية و هذه الوسيلة هي المدخرات الكهربائية أو البطاريات .

إن التطبيق الأوسع في استخدام الخلايا الكهرضوئية هو من أجل التجهيزات التي تستهلك استطاعة كهربائية صغيرة مثل ساعات اليد ، الآلات الحاسبة ، حاكمة إنارة الشوارع وغيرها ...

الخلايا الكهرضوئية المتوفرة الآن يمكن أن تعطي استطاعة كهربائية من 5 حتى 300 واط و إذا تم تجميع الخلايا مع بعضها البعض فمن الممكن الحصول على طاقة كهربائية عالية يمكن أن تصل قيمتها إلى واحد ميغا واط أي ألف مليون واط حيث يمكن استخدامها لتخديم بلدة صغيرة أو مجموعة قرى .

تم اكتشاف المفعول الكهرضوئي من قبل العالم الفرنسي (Edmund Becquerel) عام 1839 حيث وجد أنه عندما يصطدم فوتون بوصلة مكونة من مادتين نصف ناقلتين (وصلة PN) فإن الفوتون يتم امتصاصه من قبل الوصلة وتتحرر الكترونات ضمنها معطية تياراً كهربائياً ، و لجمع هذا التيار لابد من وضع أطراف ناقلة في بداية ونهاية الوصلة ، يجب الانتباه لوضعية النواقل بحيث لاتمنع وصول الضوء للخلية . عندما يسقط الضوء على جسم شديد الملوسة فإن جزءاً من الضوء الساقط سينعكس وهذا يعني بعض الضياعات في الطاقة ، لتفادي ذلك توضع طبقة مانعة للانعكاس على سطح الخلية الكهرضوئية، الشكل (7) يوضح تركيبة الخلية الكهرضوئية .

أول خلية كهرضوئية ظهرت عام 1950 و صنعت من السيليكون ، وفي غضون الخمسة عشر عاماً المنصرمة شهدت هذه التقنية تطوراً كبيراً. العاملان الرئيسيان في صناعة الخلايا الكهرضوئية هما مردود الخلية و تكلفة الإنتاج ومع التطور الحاصل ارتفع مردود الخلية وتم تخفيض التكاليف للحد الأدنى ، المردود للخلايا المتوفرة حالياً يتراوح بين 13% و 16% .



الشكل ٧

3-2 الطاقة المتولدة من الخلية الكهرضوئية :

إن الجهد الكهربائي المتولد من الوصلة السيلوكونية (P N) هو بحدود 0,5 إلى 0,6 فولت و بشكل عام كمية الطاقة الكهربائية الممكن الحصول عليعا من مرآة شمسية يغتمد على عاملين رئيسيين هما مردود الخلية و سطح الانعكاس للمرآة :

- إن خلية بمردود 13% تستطيع تحويل 13% من الضوء الساقط عليها إلى طاقة كهربائية .
- كلما زادت مساحة السطح العاكس كلما زادت كمية الضوء الساقط عايه و زادت الطاقة الكهربائية المتولدة .

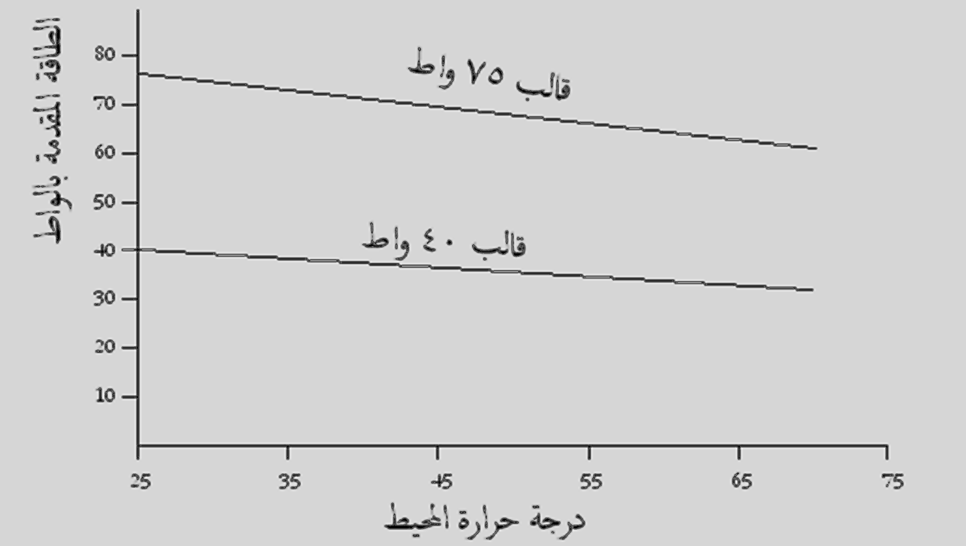
كمواصفة عالمية الإشعاع الشمسي الساقط على سطح عاكس مساحته متر مربع واحد عند درجة حرارة 25 درجة مئوية يولد طاقة كهربائية افتراضية من هذا السطح قدرها 1000 واط .
فمثلاً من أجل خلية مساحتها 0,01 متر مربع و مردودها 15% ما هي قيمة الطاقة الكهربائية المقدمة من هذه الخلية ؟

الطاقة المقدمة = مردود الخلية x مساحة السطح x الإشعاع الشمسي

$$Power = 0.15 \times 0.01 \times 1000 = 1.5\ W$$

الطاقة المقدمة = 1,5 واط .

إن القيمة 1000 واط / متر المربع هي قيمة عالمية لكنها غير ثابتة ففي ساعات الصباح قد تكون بحدود 100 واط/ متر المربع ، وهي تتراوح بين 600 إلى 800 واط /متر المربع و بالتالي القيمة 1000 هي قيمة عظمى تكون في فترة ذروة الإشعاع الشمسي و منه فالطاقة المتوقعة من الخلية هي دائماً أقل من طاقتها الاسمية المأخوذة عند القيمة 1000 واط / متر المربع .
كذلك تلعب درجة الحرار المحيطة دوراً هاماً فازدياد درجة الحرارة عن القيمة المعيارية 25 درجة يعني انخفاض مردود الخلية و بالتالي انخفاض قيمة الطاقة المقدمة منها .
الشكل(8) يبين العلاقة بين درجة الحرارة المحيطة و الطاقة المقدمة من الخلية .



الشكل ٨

4-2 قوالب ال pv PV modules :

إن الخلية الكهرضوئية الواحدة يمكنها أن تعطي طاقة كهربائية تتراوح بين 0.1 إلى 3 واط وكلما زاد حجم الخلية كلما زادت الطاقة المقدمة منها ،لذلك يتم تجميع الخلايا المتماثلة مع بعضها البعض وعادة يتم تجميع 36 خلية مع بعضها على سطح واحد و تشكل ما يسمى قالب ال PV.

استخدمنا الكلمة (قالب) كترجمة للكلمة module والتي تعني تجمع للخلايا الشمسية يشبه قوالب البلوك الإسمنتي ضمن جدار.

في جميع ظروف التشغيل القالب من المفترض أن يعطي جهداً كهربائياً لايقل عن 12 فولت و هو الجهد اللازم لشحن بطارية وعندما يتم توصيل 18 خلية على التسلسل بدلاً من 36 فإن الجهد الناتج هو 6 فولت، وعند استخدام بطاريات 12 فولت يجب أن يؤمن القالب جهد كهربائي لايقل عن 15 فولت من أجل شحن البطارية . التيار الكهربائي المعطى من قبل القالب يتناسب طرداً مع حجم القالب .

في معظم الحالات حتى الطاقة التي يقدمها القالب لا تفي بالغرض لذلك يتم وصل القوالب مع بعضها على التسلسل و التفرع ،التوصيل على التسلسل يزيد قيمة الجهد على المخارج و الوصل على التفرع يزيد من قيمة التيار المعطى ،توصيل القوالب المتماثلة يشكل مايسمى بالمصفوفة وهي الشكل النهائي للمرآة الشمسية .

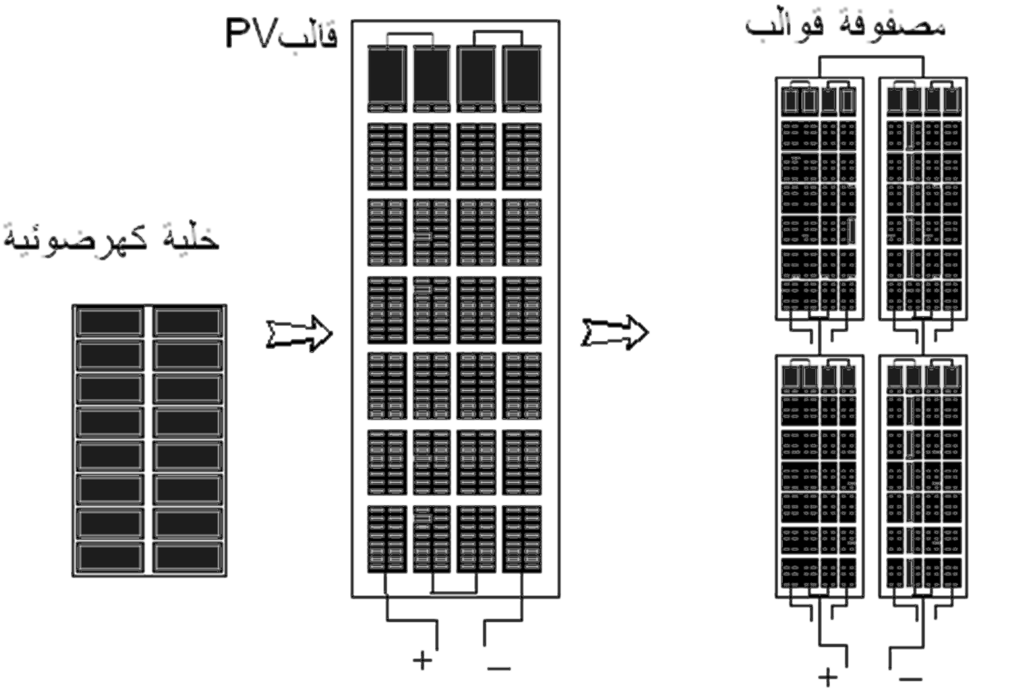
الشكل (9) يوضح تركيبة القالب و المصفوفة .

5-2 تأمين الحماية للخلية الكهرضوئية :

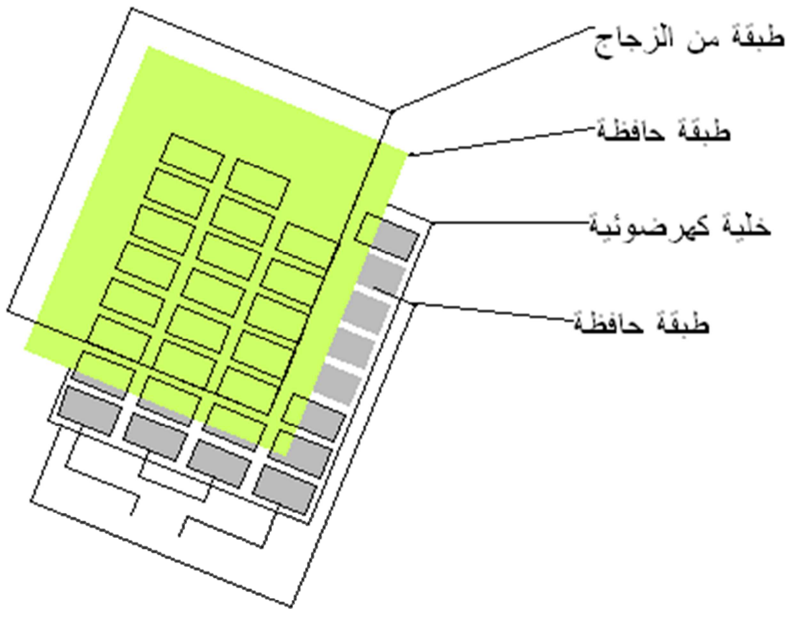
من أجل ضمان مدة عمل طويلة للخلية لابد من تأمين الحماية اللازمة لها ضمن بيئة العمل التي تعمل الخلية فيها، الرطوبة من شأنها أن تسبب التآكل للوصلات المعدنية كذلك تؤثر على الطبقة مانعة الانعكاس وذلك كله يسبب تناقص في مردود الخلية .

الحماية من أخطار بيئة العمل تكون باستخدام صفيحتين حافظتين (صفائح بشكل كبسولة) على السطحين العلوي والسفلي للخلية و يجب أن تصنع الكبسولة من مادة شفافة عادة من مادة (EVA) وهي اختصار للعبارة ايثيلين فينيل اسيتات وذلك للخلايا السيلكونية، إلا أن هذه الكبسولة لا تؤمن

الحماية الميكانيكية اللازمة لذلك توضع صفيحة من الزجاج المقسى على الوجه الأمامي للقالب ، و على الوجه الخلفي للقالب تستخدم صفيحة من مادة البوليمير القاسي .
الشكل (10) يوضح طبقات الحماية على القالب .



الشكل ٩



الشكل ١٠

6-2 استخدام المدخرات :

المدخرة تقوم بتخزين الطاقة الكهربائية بشكل كيميائي والتي تحول فيما بعد لطاقة كهربائية. تتحدد مواصفات المدخرة بواسطة **جهد التشغيل** و **الأمبير الساعي** و هو قيمة التيار الذي تقدمه المدخرة لمدة زمنية محددة .البطاريات القابلة للشحن متوفرة بجهد كهربائي 6 ،24,12 فولت وكلما زاد حجم البطارية كلما ازدادت قيمة الطاقة المختزنة فيها و كلما زاد الأمبير الساعي ،أي معدل التيار المقدم يكون أعلى و مدة التفريغ تكون أطول ،ويعبر عن الأمبير الساعي على غلاف البطارية الخارجي بالرمز (Ah) ، فعندما نقرأ على غلاف إحدى المدخرات القيمة Ah10 هذا معناه أن المدخرة تستطيع تقديم تيار كهربائي قيمته 10 أمبيرلمدة ساعة واحدة فقط ، أو تقديم تيار قيمته واحد أمبير لمدة 10 ساعات ، لمدة خمس ساعات 2 امبير ...وهكذا .من أجل مدخرة جهد 6 فولت الأمبير الساعي لها يتراوح بين 3 إلى 5 أمبير ساعة . من أجل مدخرات أكبر يأخذ الأمبير الساعي القيم التالية :

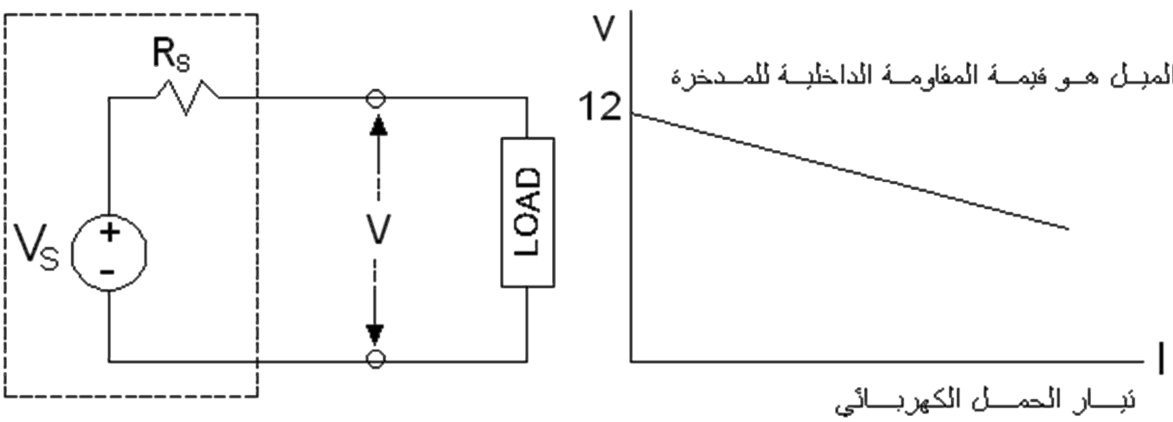
,15Ah ,40Ah ,50 Ah, 60 Ah, 75 Ah ,150 Ah ,220 Ah .

هبوط الجهد الكهربائي على قطبي المدخرة :

عند توصيل الحمل الكهربائي إلى قطبي المدخرة يحدث انخفاض في قيمة الجهد الكهربائي المقدم من قبل المدخرة V ويعود السبب لوجود مقاومة داخلية للمدخرة تتعلق بتركيبة المواد الكيميائية داخلها ويرمز لها R_S ،الطاقة الكهربائية المتولدة داخل المدخرة هي V_S ، كلما ازداد التيار المستجر من المدخرة كلما زاد هبوط الجهد الكهربائي أو الفرق بين V و V_S و إذا اعتبرنا I تيار الحمل الكهربائي عندها يمكن فهم هذا المفهوم من خلال المعادلة التالية :

$$V = V_S - I R_S$$

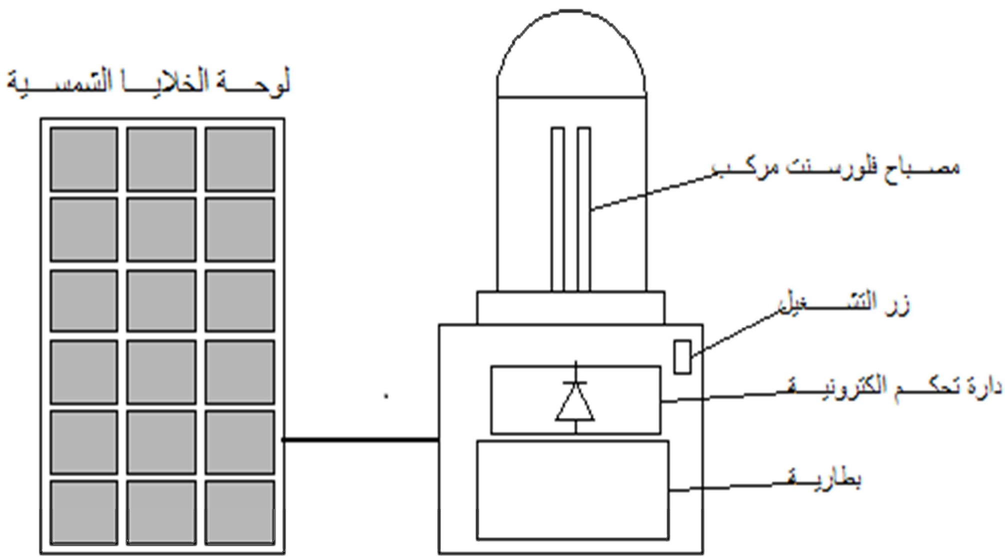
الشكل (10 – ب) يوضح تمثيل المدخرة كمنبع يحوي مقاومة داخلية ويوضح العلاقة بين تيار الحمل والجهد المقدم من قبل المدخرة .



الشكل(10 – ب)

7-2 المصباح الشمسي :

حل هذا النوع من المصابيح مكان المصابيح التي تعتمد على الوقود، يتألف هذا المصباح من لوحة PV ، بطارية قابلة للشحن و دارة الكترونية للتحكم بعملية الشحن الكهربائي ،مصباح فلوريسنت مضغوط (مصباح توفير الطاقة). الشكل (11) يوضح الأجزاء الرئيسية لهذا النوع من المصابيح.



الشكل(11)

الهدف من استخدام دارة التحكم الالكترونية هو حماية البطارية من الشحن الزائد و كذلك التفريغ الزائد هذا النوع من البطاريات محكم العزل و صيانته تكون مجانية من قبل المصنع (استبدال البطارية) لذلك المستخدم لا يحتاج لإضافة الماء المقطر للبطارية من وقت لآخر كما هو الحال مع بطارية السيارة .العمر الافتراضي لهذا النوع من البطاريات هو بحدود 4-6 سنوات في حين أن عمر لوحة الخلايا الشمسية قد يمتد حتى 20 سنة لذلك يتم استبدال البطارية للجهاز بعد عدة سنوات من الاستخدام. يتم تصميم المصباح بحيث يعمل بفعالية لمدة 5-6 ساعات في اليوم ويجب ان يكون حجم لوحة الخلايا الشمسية متناسب مع استطاعة مصباح الفلوريسنت المستخدم أي بالنسبة لمصباح باستطاعة 7 واط يجب أن تكون استطاعة اللوحة الشمسية 7 واط على الأقل .

الطاقة الكهربائية اللازمة من أجل مصباح باستطاعة 7 واط لمدة عمل قدرها 6 ساعات باليوم تساوي

الطاقة = 7 x 6= 42 واط ساعي/ اليوم

و البطاريات المستخدمة مع مصابيح الطاقة الشمسية هي ذات جهد 6 فولت لذلك فإن استطاعة البطارية يجب أن تكون :

42÷6 = 7 أمبير ساعي / اليوم 7Ah/day

إذاً استطاعة البطارية اللازمة هي 7Ah من أجل الاستخدام اليومي .

8-2 تصميم نظام خلايا شمسية :

جهاز الانفيرتر يقوم بتحويل التيار المستمرإلى تيار متناوب بمردود قدره 90% ،عملية الشحن و عملية التفريغ للبطارية لها مردود تقريبي 90% أي أن الطاقة المختزنة بالبطارية لا يمكن استخدامها بأكملها هنا سنفترض أن 80% من تيار التفريغ مستغل أي نستفيد بنسبة 80% من طاقة البطارية .
المردود المركب لكلا من الانفيرتر و البطارية يحسب بالشكل التالي :

المردود المركب = مردود الانفيرتر x مردود البطارية
المردود المركب = 0,9 x 0,8 = 0,72

جهد البطارية المستخدمة 12 فولت ، استطاعة البطارية 120Ah ، مدة السطوع الشمسي هي 8 ساعات يومياً ، مدة تشغيل الحمل الكهربائي هي 6 ساعات باليوم .
الاستطاعة العظمى المقدمة من اللوحة الشمسية هي 40 واط .عامل التشغيل (الاستطاعة الفعلية المقدمة من اللوحة PV) هو بحدود 0,6 إلى 0,86و ذلك بسبب ظروف التشغيل كحرارة الوسط المحيط و انتشار الغبار ، هنا سنعتبر أن عامل التشغيل يساوي 0,75 :

الاستطاعة الفعلية المقدمة من اللوحة = 40 x 0,75= 30 واط

تطبيق :

لدينا غرفتان نريد وضع في كل منهما مصباح فلوريسنت استطاعة 18 واط و مروحة باستطاعة 60 واط بحيث تعمل الأجهزة لمدة 6 ساعات يومياً ، ما هو نظام الطاقة الشمسية المناسب ؟

الحل :

1- نقوم بحساب الحمل الكهربائي الكلي :2 x 18 + 2 x 60= 156 واط .

2- حساب معدل الواط الساعي (6 ساعات) : 156x 6 = 936 واط ساعي .

3- حساب استطاعة اللوحة حسب عامل التشغيل :40 x 0,75 = 30 واط .

4- حساب استطاعة اللوحة حسب المردود المركب : 30 x 0,81= 24,3 واط .

5- حساب الطاقة في اليوم الواحد : 24,3 x 8 = 194,4 واط ساعي .

6- حساب عدد اللوحات الشمسية اللازمة : معدل الواط الساعي للحمل في اليوم مقسم على الطاقة المقدمة من اللوحة في اليوم .

936 ÷ 194,4 = 5 تقريباً

7- معرفة مواصفات البطارية اللازمة : يجب أن تكون الطاقة المختزنة في البطارية أكبر من الطاقة المستهلكة منها أو أخذ العامل المركب بعين الاعتبار :
استطاعة للبطارية = الأمبير الساعي للحمل في اليوم مقسوماً على (جهد البطارية x المردود المركب)

استطاعة البطارية = 936÷ (12 X 0,72) = 108,33 أمبير ساعي

P = 108,33 Ah

عدد البطاريات اللازمة = معدل الأمبير الساعي الكلي مقسماً على استطاعة البطارية الواحدة
.

= 108,33÷ 120 = 0,9

أي نحتاج فقط بطارية واحدة 120Ah

8- اختيار الانفيرتر : إن استطاعة الحمل الكهربائي هي 156 واط أو 184 فولت أمبير حيث قسمنا الاستطاعة(واط) على عامل الحمل (0,85) .
جهاز انفيرتر باستطاعة 200 فولت أمبير 200 VA سيفي بالغرض .

التطبيق السابق كان من أجل منزل صغير من أجل تصميم نظام طاقة شمسية لمنزل كبير أو منشأة صناعية يجب اتباع نفس الخطوات السابقة .

تصميم نظام طاقة شمسية PV لضخ الماء :

لهذا العمل يجب معرفة كمية المياه الواجب ضخها فيما يعرف بالغزارة، ارتفاع الضخ ،استطاعة المضخة الضاخة و من ثم مواصفات اللوحة الشمسية المطلوبة. يمكن تلخيص العمل بالخطوات التالية :

1- تحديد كمية المياه اللازم استهلاكها باليوم الواحد .
2- تحديد الارتفاع الهيدروليكي للضخ .
3- معرفة الطاقة الكهربائية اللازمة في اليوم الواحد (واط ساعي/ اليوم) .
4- معرفة كمية الإشعاع الشمسي في مكان تركيب النظام .
5- معرفة الاستطاعة الكهربائية للمضخة و المردود .
6- حساب حجم اللوحة الشمسية PV بناء على المعطيات السابقة .

الشكل(12) يوضح الأجزاء الرئيسية لنظام ضخ الماء بالطاقة الشمسية .

مفاهيم أساسية :

قبل البدء بتطبيق عملي لابد من فهم المفاهيم الفيزيائية التالية :

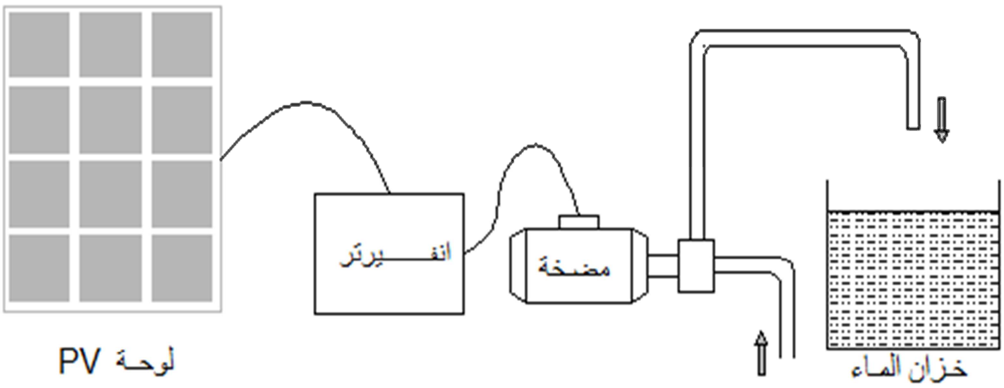
كمية الماء اللازمة : تقدر بواحدة ليتر / اليوم أو متر مكعب/اليوم إن حجم النظام الشمسي المركب و تكلفته تعتمدان على كمية المياه اللازم ضخها يومياً ، هنا النظام سيقوم بضخ كمية من الماء خلال مدة زمنية بحدود 6-8 ساعات وهذه الكمية يجب أن تكون كافية للاستهلاك لمدة 24 ساعة ، يجب الأخذ بعين الاعتبار الاستهلاك الأعظمي وطبيعة الفصل حيث الاستهلاك صيفاً يختلف عنه شتاءً لذلك لابد من حساب المتوسط الاستهلاكي الشهري ثم السنوي .

الارتفاع الهيدروليكي : و هو عامل هام من أجل ضمان عمل النظام بشكل فعال حيث يحدد قيمة الضغط الفعلي التي ستعمل عليه المضخة وهو بدوره يتألف من عاملين أساسيين : الرفع العمودي الكلي و مفاقيد الاحتكاك .

الرفع العمودي الكلي : هو مجموع ارتفاع الضخ و مستوى الماء الراكد و مستوى السحب .

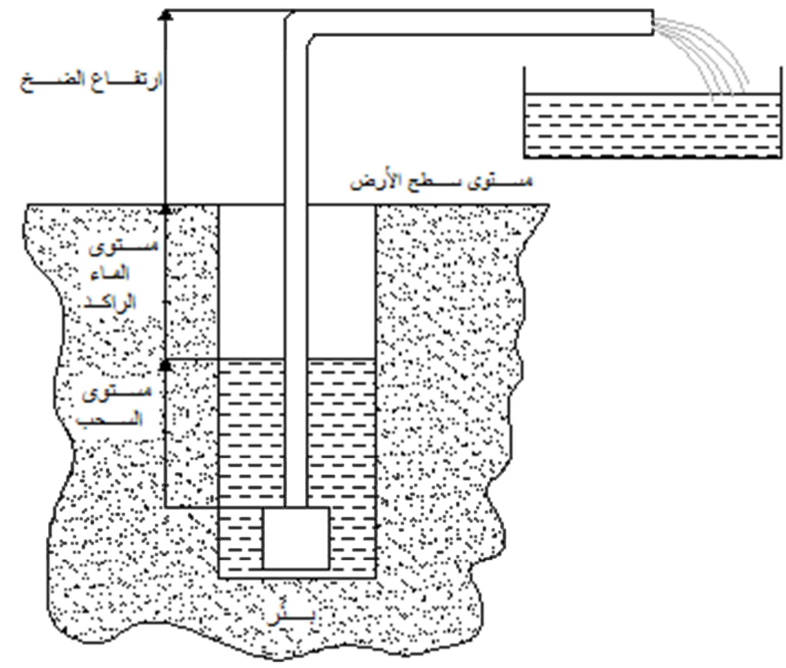
ارتفاع الضخ : هو المسافة العمودية بين مستوى سطح الأرض(حافة البئر) و بين مستوى تفريغ الماء.

مستوى الماء الراكد : هو المسافة العمودية بين مستوى سطح الأرض و مستوى الماء في البئر .
مستوى السحب : هو المسافة العمودية بين مستوى الماء في البئر و مستوى فوهة تصريف الماء للمضخة .



الشـــكل ١٢

مفاقيد الاحتكاك : تعرف بأنها الضغط اللازم للتغلب على قوى الاحتكاك ضمن أنابيب الضخ من فوهة المضخة إلى نقطة تفريغ الماء، ويعبر عنها بالمتر الطولي تأخذ بعين الاعتبار عند التصميم تضاف للرفع العمودي الكلي لحساب الارتفاع الديناميكي و هذه المفاقيد تتعلق بحجم الأنبوب ، معدل الجريان ، نوع الوصلات ، عدد وصلات الثني (الأكواع) المستخدمة ، عادة تستخدم الجداول لحساب هذه المفاقيد لكن في حالة كون نقطة التفريغ قريبة من مستوى البئر عندها تأخذ كنسبة مئوية ،فعندما يكون ارتفاع نقطة التفريغ10 أمتار أو أقل عندها تأخذ مفاقيد الاحتكاك كنسبة مئوية قدرها 5% من الرفع العمودي الكلي .
الشكل(13) يوضح المفاهيم السابقة .



الشكل ١٣

تطبيق :

يلزم نظام طاقة شمسية لوحات PV من أجل عمل مضخة تضخ كمية من الماء 25000 ليتر يومياً من بئر عمقها 10 أمتار و المعطيات الفيزيائية كالتالي :

- كمية الماء اللازم ضخها يومياً 25 متر مكعب .
- الرفع العمودي الكلي 12 متر ،5 متر ارتفاع الضخ ، 5 متر مستوى الماء الراكد ،2 متر مستوى السحب .
- كثافة الماء 1000 كغ/ م3 .
- تسارع الجاذبية الأرضية 9,8 م/ ثا2 .
- الاستطاعة العظمى لقالب ال PV هي 75 واط (Wp= 75 w) .
- عامل التشغيل للوحة الشمسية يساوي 0,75 .
- مردود المضخة هو 30% .
- عامل الارتياب للوحة الشمسية هو 0,85(mismatch factor) المقصود به أن اللوحة الشمسية لا تعمل دائماً عند نقطة العمل العظمى .

الحسابات التصميمية :

1- كمية الماء المستهلكة يومياً هي 25 متر مكعب .

2- معرفة الارتفاع الديناميكي الكلي :

الارتفاع الديناميكي = الرفع العمودي + مفاقيد الاحتكاك .

مفاقيد الاحتكاك تقدر بنسبة 5 % من الرفع العمودي الكلي وبناء عليه يكون :

الارتفاع الديناميكي = 12 + 0,05 x12 = 12+0,6 = 12,6 متر .

3- حساب الطاقة الهيدروليكية اللازمة لرفع كمية الماء المطلوبة يومياً :
الطاقة الهيدروليكية = كتلة الماء x تسارع الجاذبية الأرضية x الارتفاع الديناميكي .
كتلة الماء = كثافة الماء(كغ/ م3) x الغزارة (م3/ يوم) .

الطاقة الهيدروليكية = 1000(كغ/م3) x 25(م3/يوم) x 9,8(م/ثا2) x 12,6 (م)
المقدار السابق يقسم على 3600 من أجل التحويل من ثانية إلى ساعة
الطاقة الهيدروليكية = 857,5 واط ساعي/ يوم .

4- معرفة الإشعاع الشمسي في الموقع : الإشعاع الشمسي المكافئ للإشعاع الشمسي الأعظمي المقدر ب 1000 واط/ م2 ، يتراوح ما بين 5 إلى 8 ساعات باليوم .
ستحدد ساعات الذروة الإشعاعية ب 6 ساعات باليوم .

5- معرفة عدد اللوحات الشمسية اللازمة و استطاعة المضخة :
الاستطاعة المقدمة من اللوحة PV تساوي حاصل قسمة الطاقة الهيدروليكية على عدد ساعات الذروة الإشعاعية باليوم .
= 857,5 ÷ 6 = 142,9 واط
و إذا أخذنا بعين الاعتبار مردود المضخة و عامل الارتياب للوحة :
الاستطاعة المقدمة من اللوحة = 142,9÷ (0,3 x 0,85)
= 560 واط
و باعتبار عامل التشغيل للوحة PV تكون الاستطاعة: 560 ÷0,75 = 747,3 واط

عدد اللوحات الشمسية ذات الاستطاعة 75 واط :
747,3 ÷ 75 = 9,96
أي يلزمنا 10 لوحات .
حساب الاستطاعة للمضخة : باعتبار أن 1 حصان بخاري يساوي 746 واط :
الاستطاعة = 747,3 ÷ 746 = تقريباً 1 حصان (1 HP)

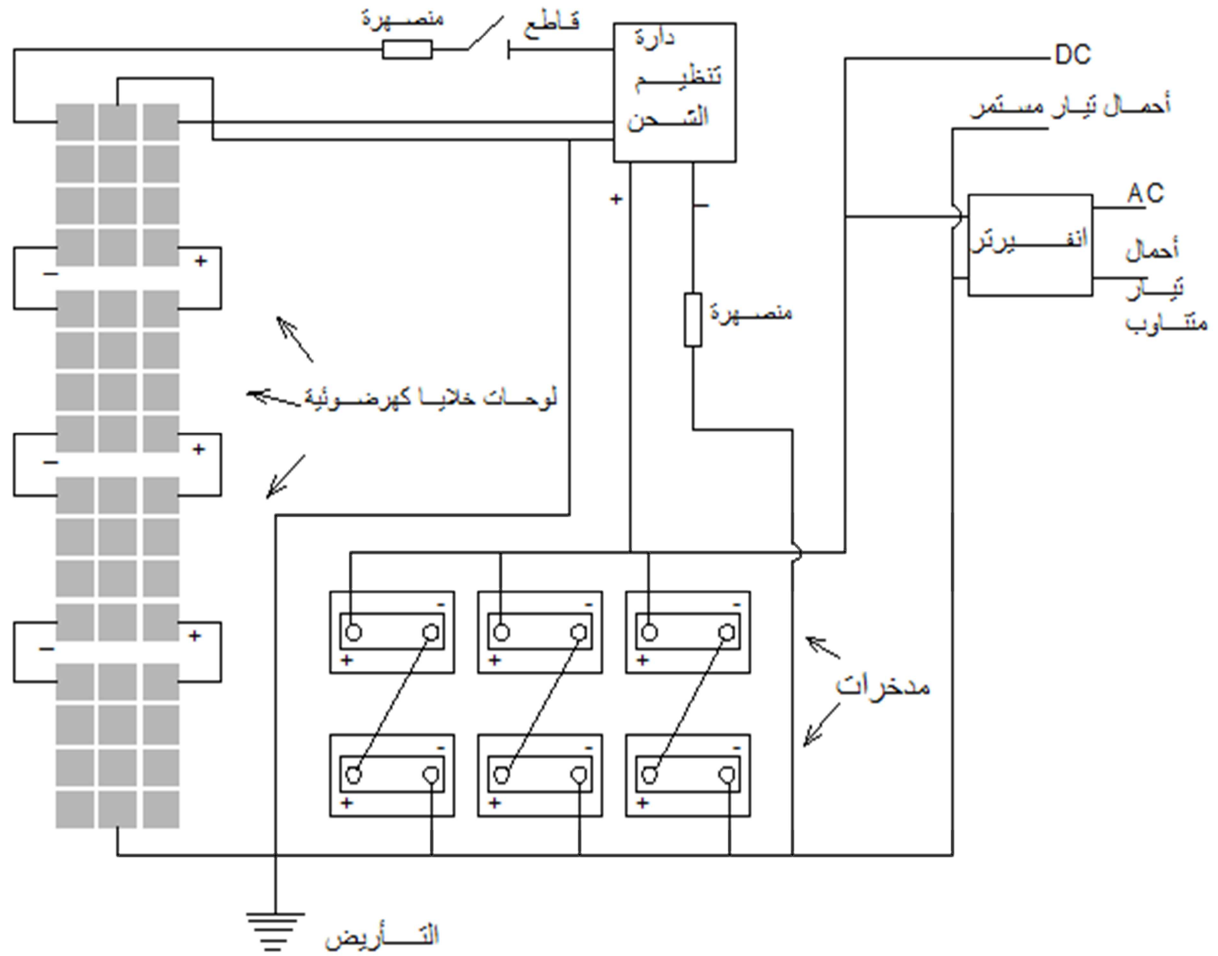
10-2 قواعد عامة في تركيب أنظمة الطاقة الكهروضوئية :

- إن الجهد الكهربائي المقدم من الخلية الكهرضوئية تحت الظروف المخبرية ليس نفس الجهد الكهربائي الذي يمكن الحصول عليه في ظروف التشغيل، فالجهد الكهربائي في حالة عدم وجود حمل كهربائي و في حالة وجود الحمل يزداد كلما انخفضت درجة حرارة الوسط المحيط لذلك لا بد من معرفة قيمة الجهد الكهربائي الأعظمي في حالة اللا حمل لاختيار باقي التجهيزات الكهربائية لنظام الطاقة المطلوب.

الجدول في الأسفل يوضح عوامل التصحيح للجهد الكهربائي المقدم في حالة اللاحمل حسب درجات الحرارة المحيطة :

درجة حرارة التشغيل درجة مئوية	عامل التصحيح
25 10	1,06
9 ..... صفر	1,10
-1 ..... -10	1,13
-11 ..... -20	1,17
-21 ..... -40	1,25

- جهاز الانفيرتر هو جهاز يعطي جهد كهربائي ثابت و هو يتغذى من البطارية ، عندما تنخفض قيمة جهد الشحن للبطارية تزداد قيمة تيار الشحن ، قيمة التيار الكهربائي المقدم من الانفيرتر هو حاصل قسمة الاستطاعة الاسمية للانفيرتر مقدرة بال واط على مردود الانفيرتر مضروباً بقيمة جهد البطارية الأصغر .
كمثال : بالنسبة لانفيرتر استطاعته الاسمية 400 واط – جهد التشغيل 24 فولت ، مردود 0,85 جهد البطارية 22 فولت عندها التيار المقدم يساوي :
$400 \div (22 \times 0,85) = 21,4$ أمبير
- بالنسبة لاختيار مقاطع النواقل الكهربائية أو أسلاك التوصيل يتم على أساس قيمة التيار الأعظمي المتوقع مروره مضروباً بقيمة 1,25 كذلك الأمر بالنسبة لعناصر الحماية الكهربائية المنصهرات
- اللوحات PV تصبح مصدراً للكهرباء عند تعرضها لأشعة الشمس و عند التوصيل التسلسلي لها لزيادة الجهد المقدم و التفرعي لزيادة التيار المقدم عنها يمكن أن تعرض الشخص المستخدم لخطر الصدمة الكهربائية لذلك يجب استخدام قواطع عزل كهربائية مناسبة بين المجموعات الموصلة أثناء عمليات الصيانة أو الاستبدال .
- سلامة الأفراد : إن وجود المدخرات الرصاصية في المنزل (مستودع، قبو ،كراج) ينطوي على بعض المخاطر حيث أن حمض الكبريت المستخدم فيها تسبب ملامسته للجلد احتراق الجلد لذلك لا بد من استخدام القفازات المطاطية ، كذلك يجب عدم صب الحمض فوق الماء بتاتاً إنما صب الماء فوق الحمض عند إضافة الماء المقر للبطارية ، والبطارية المشحونة تختزن طاقة كهربائية عالية وحدوث قصر على الأقطاب أو على أسلاك التوصيل قد يتسبب بحدوث حريق و للحد من هذه الخطورة يجب استخدام فيوزات حماية مناسبة حسب تيار التفريغ للبطارية بحيث تسمح بتمرير تيار التفريغ من البطارية لجهاز الانفيرتر أو من البطارية لأجهزة الإنارة التي تعمل على جهد 12 فولت مستمر مثل أضواء LED.



الشكل ١٤

حول مفهوم التأريض :

الهدف من استخدام نظام التأريض هو حماية الأشخاص من الصدمة الكهربائية بسبب حدوث تسريب في التيار الكهربائي بين الناقل و جسم معدن قد يكون اللوحة الكهربائية أو أي جسم آخر معدني ، التأريض يسمح للتيار المتسرب بالمرور عبر الأرض بدلاً من جسم الإنسان الجهد الكهربائي المتولد من اللوحات الشمسية هو جهد منخفض لا يشكل أي خطر على حياة الإنسان و الخطر يكمن في الجهد 220 فولت الخارج من جهاز التقطيع أو الانفيرتر .

المتعارف عليه أن سلك التأريض له لون خاص هو الأخضر /الأصفر (G/Y wire) و هذا السلك يصل بين اللوحة الكهربائية الرئيسية إلى شبكة التأريض المزروعة حول البناء و هذه الأخيرة تتكون من عدد من الأوتاد النحاسية بطول 1 – 1,5متر تغرس داخل التربة بحيث يكون عمق رأس الوتد 60 سنتمتر على الأقل ، عدد هذه الأوتاد يتعلق بطبيعة التربة فإذا كانت التربة جافة تتطلب ذلك زيادة عدد الأوتاد و إذا كانت رطبة لزم عدد قليل من الأوتاد ، توصل الأوتاد فيما بينها بواسطة ناقل نحاسي مجدول يسمى تجارياً (مرس) حيث يشبه الحبل المجدول او مرس الحصان و يتوضع تحت الأرض .

11-2 حوامل اللوحات الشمسية :

هناك أربعة أنواع رئيسية لحوامل اللوحات الشمسية :
حامل مثبت بأرض السقف - حامل على رأس قاعدة عمودية – حامل جانبي على قاعدة عمودية. حامل عمودي لنظام تتبع حركة الشمس . لاحظ الشكل (14- ب)

لكل نوع خصائص في الاستخدام فالحامل السقفي يختصر مسافة مد الأسلاك الكهربائية و بالتالي يوفر في تكلفة الأسلاك لكنه يحتاج لأعمال تثقيب في السقف لتثبيت القواعد ، بالإضافة لمشكلة تجمع الثلوج عند أسفل اللوحة في المناطق المثلجة .

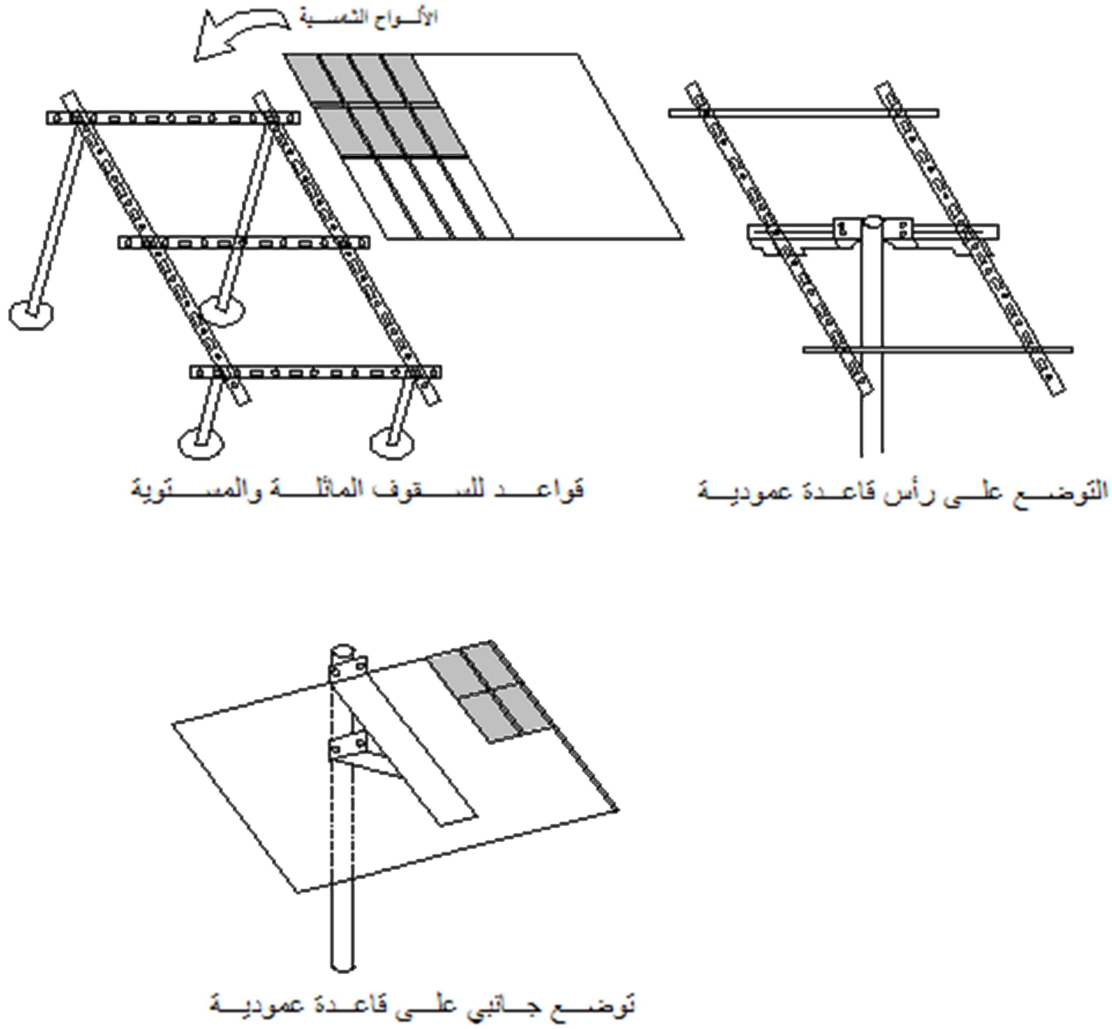
بالنسبة للحامل على رأس القاعدة العمودية يتطلب استخدام عمود فولاذي بقطر يتراوح بين 2 إلى 6 إنش يثبت ضمن قاعدة اسمنتية مناسبة في التربة ،هذا النوع هو الأنسب في المناطق المثلجة حيث لا يتجمع الثلج بل ينزلق على اللوحة ، من مساوىء هذا النوع قلة عدد اللوحات التي يحملها كل عمود.

الحامل الجانبي على قاعدة عمودية هو عبارة عن صفيحة معدنية تتوضع بشكل مائل على جانب العمود الفولاذي و ترتكز عليها اللوحة الشمسية ، أيضاً هذا النوع مناسب للمناطق المثلجة لكن من عيوبه أنه لا يحمل سوى لوحة واحدة .

بالنسبة لحامل تتبع حركة الشمس يعتبر الأمثل من حيث زمن تعرض اللوحات الشمسية للإشعاع الشمسي وبالتالي التزويد بطاقة كهربائية لمدة زمنية أطول و هو الأنسب لمشاريع ضخ المياه .

التكلفة الإجمالية لمشروع لوحات خلايا ضوئية :

1- عدد اللوحات الشمسية اللازمة .
2- عدد حوامل اللوحات وسعر كل منها حسب النوع .
3- تكلفة الانفيرتر .
4- تكلفة البطاريات مع حواملها (رفوف) .
5- تكلفة اللوحة الكهربائية ومحتوياتها : مقياس أمبير تيار مستمر ، قواطع كهربائية ، فيوزات حماية .
6- الأسلاك الكهربائية للتيار المستمر و المتناوب ،سعر المتر الطولي لكل نوع .
7- المجاري التي ستوضع الأسلاك ضمنها : أنبوب بلاستيكي ، أنبوب معدني ، مجرى بلاستيكي مع غطاء ، سعر المتر الطولي لكل نوع .
8- حال عدم وجود شبكة تأريض للمنزل : وتد تأريض أو أكثر حسب طبيعة الأرض جافة أم رطبة مع سلك التأريض لون أخضر/أصفر .



-----------------------الشكل (14 – ب) ----------

2- 12 تقنية الطاقة الحرارية الشمسية :

الطاقة الحرارية أو طاقة التسخين هي الطاقة التي تدفق من مكان لآخر عند وجود فروقات حرارية في حياتنا اليومية نستشعر بالطاقة الحرارية عند ملامستنا للأجسام المختلفة ، نستخدم الطاقة الحرارية في حياتنا اليومية بشكل مباشر أو غير مباشر ، و على مستوى أعلى تستخدم الطاقة الحرارية لتوليد الطاقة الكهربائية .

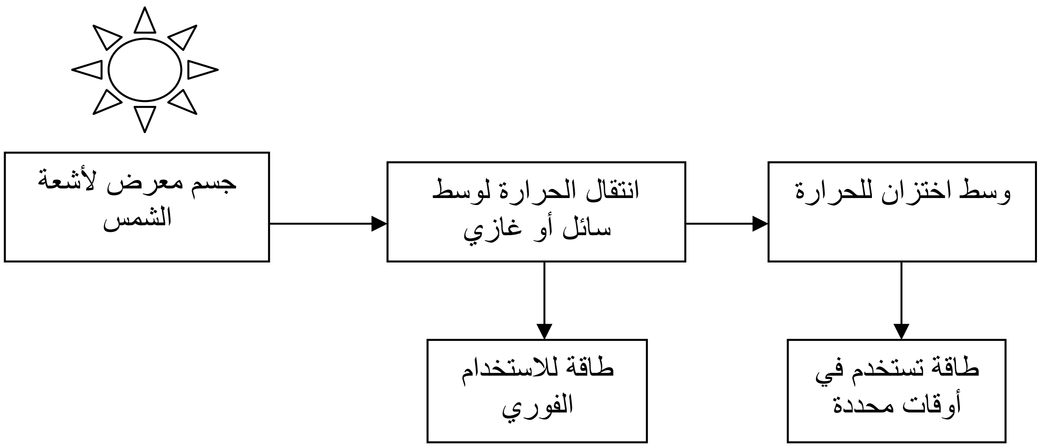
هناك عدة طرق لتوليد الطاقة الحرارية حسب نوع المصدر من هذه المصادر : الطاقة الكيميائية للفحم الحجري و النفط و الأخشاب ، طاقة باطن الأرض ، الطاقة النووية ، طاقة الإشعاع الشمسي بالنسبة للطاقة النووية لا يمكن استخدامها على مستوى بسيط مثل تأمين طاقة التدفئة لمنزل أو منشأة صغيرة في حين أن باقي المصادر يمكن استخدامها على جميع مستويات الاستهلاك .

مصادر الطاقة الحرارية يمكن تصنيفها لزمرتين رئيسيتين : الزمرة الأولى أساسها الوقود المستحاث و الطاقة النووية ،الزمرة الثانية أساسها الإشعاع الشمسي .طاقة الوقود المستحاث موجودة بكميات محدودة و استخدامها يلحق أضراراً بالبيئة ، الطاقة النووية ينتج عنها مخلفات خطيرة جداً تهدد الوجود الإنساني بأكمله ، لذلك تبقى الطاقة الشمسية الخيار الأفضل كطاقة نظيفة متوفرة غير مكلفة

لذلك احتلت الطاقة الشمسية مكان الصدارة في تأمين احتياجاتنا اليومية من الطاقة الحرارية بشكل مباشر أو غير مباشر (توليد الكهرباء) .

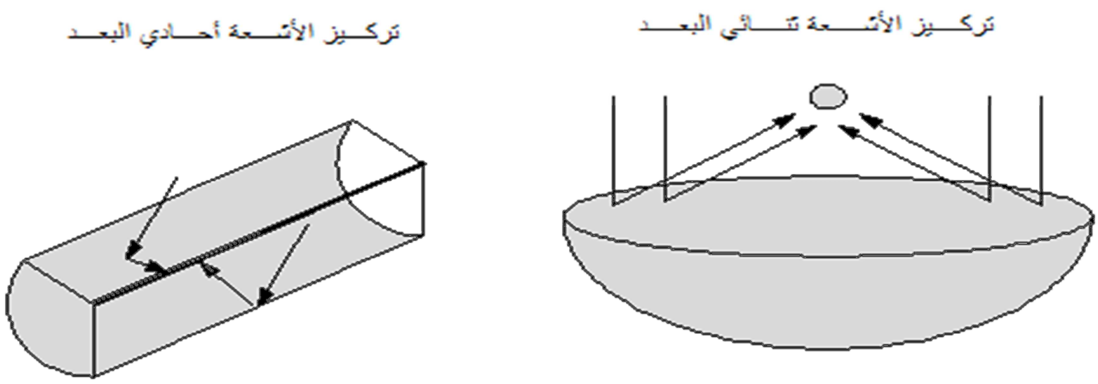
13-2 نظام الطاقة الحراري الشمسي :

إن المثال الأبسط باستخدام طاقة حرارة الشمس هو بتعريض جسم معين لأشعة الشمس حتى ارتفاع درجة حرارته، الحرارة التي امتصها الجسم من الإشعاع الشمسي يمكن الاستفادة منها لتسخين الماء أو الطهي أو أغراض أخرى ،الوجه الآخر من استخدام الطاقة الحرارية الشمسية هو اختزان الطاقة الحرارية حيث أن الإشعاع الشمسي يتغير على مدار اليوم .



يمكن للجسم المعرض للإشعاع الشمسي أن يكون سطحاً معدنياً يمتص الحرارة وينقلها لوسط لآخر كالماء، إن النواقل الحرارية التي على شكل سطوح منبسطة سهلة التصنيع لكنها لا تستطيع تقديم طاقة حرارية تتجاوز 100 درجة مئوية ، يمكن الحصول على درجات حرارة أعلى بتركيز الإشعاع الشمسي على مناطق ضيقة تماماً كما يحدث عند استخدام العدسة المكبرة التي تركز أشعة الشمس ضمن نقطة معينة و تولد درجة حرارة عالية، يمكن تركيز الضوء باستخدام أجسام أسطوانية مقطعها على شكل قطع مكافئ تماماً مثل المرايا العاكسة التي توضع داخل مصابيح الإنارة الخارجية للسيارة و يجب الانتباه هنا أن تركيز الضوء يكون على عرض الأنبوب و ليس على امتداد الأنبوب الطولي و هذا يسمى تركيز الضوء أحادي البعد بهذه الطريقة يتم امتصاص طاقة حرارية بنسبة أكبر و توليد درجات حرارة تتراوح مابين 200 حتى 400 درجة مئوية، يمكن أيضاً الحصول على درجات حرارة أعلى باستخدام تركيز الضوء ثنائي البعد حيث يتم هنا استخدام المرآة المقعرة الشمسية التي لها مقطع على شكل قطع مكافئ وتركز الأشعة ضمن المحرق تماماً مثل العدسة المكبرة كما في الشكل 15 هنا قيمة درجة الحرارة الممكن الحصول عليها قد تصل ل 1000 درجة مئوية .

يمكن تخزين الطاقة الحرارية من أجل الاستخدام في الساعات والأيام غير المشمسة حيث يمكن تخزينها على شكل حرارة محسوسة أو حرارة كامنة .في حالة الحرارة المحسوسة درجة حرارة التخزين الوسطى ترتفع و تنخفض أثناء التخزين الحراري و التعويض الحراري ،من أجل الإمداد بالطاقة الحرارية الفوري لغرفة معينة (تدفئة) فإن الماء الحامل للطاقة الحرارية تنخفض درجة حرارته و عند تأمين العزل الحراري المناسب يمكن للماء أن يحافظ على درجة حرارته لمدة طويلة أما بالنسبة لاختزان الطاقة الحرارية الكامنة فإن الماء يتحول من شكله الفيزيائي لشكل آخر من ما ء إلى غاز أو صلب إلى سائل وعندما يتحول الماء إلى بخار فإن الطاقة الحرارية المختزنة هي طاقة كامنة و تستخدم من أجل الأنظمة الحرارية عالية التسخين .



الشكل(15)

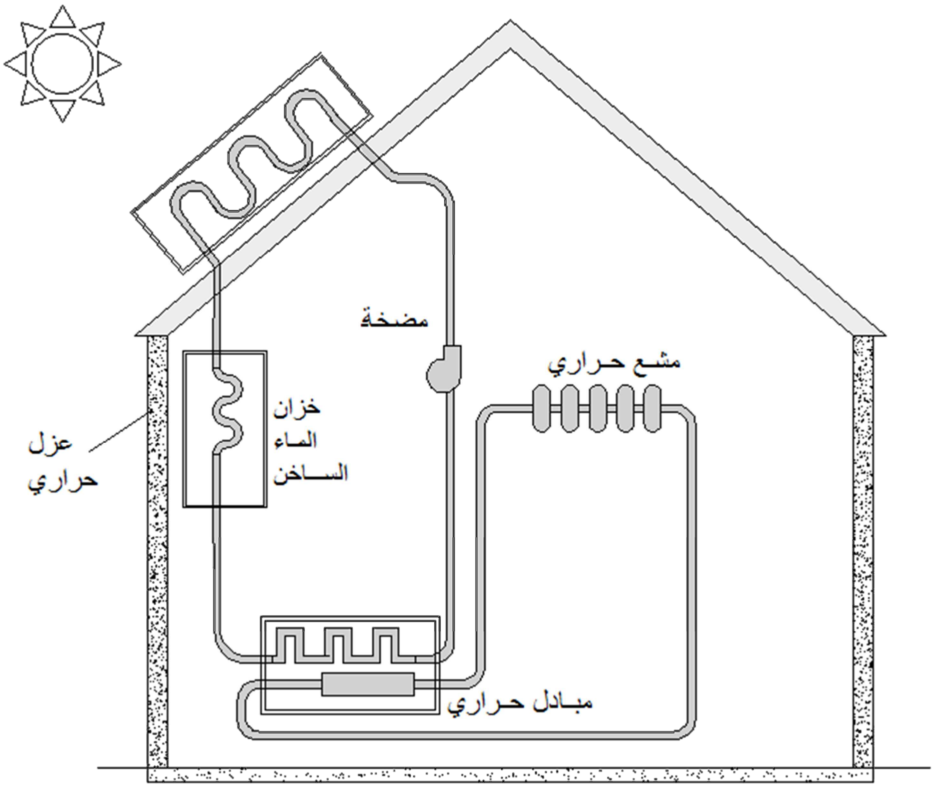
أنواع أنظمة تسخين المياه :

1- الأنظمة الفعالة :

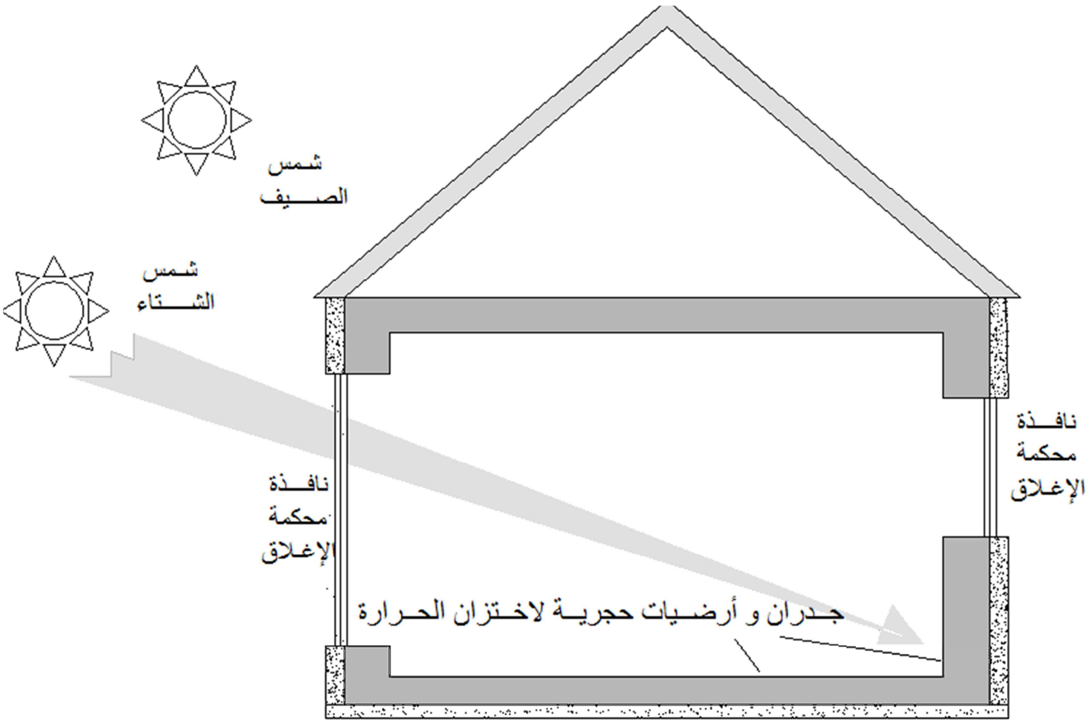
هذا النوع من الأنظمة يتطلب وجود قوة ميكانيكية لتدوير الماء أو الهواء أو أي وسط فيزيائي آخر من اللوحات الشمسية الحرارية إلى المشعات الحرارية حيث يتم اختزان الطاقة الحرارية من أجل الاستخدام عند الحاجة، اللوحات الشمسية الحرارية هنا هي لوحات مستوية مؤلفة من طبقة زجاجية تحتها خلفية سوداء ضمنها أنابيب دقيقة يدور الماء من خلالها هذا النوع من اللوحات يعمل على مبدأ يسمى البيت الأخضر أو البيت الزجاجي .
الأنظمة الفعالة تستخدم المضخات ،الصمامات الهيدروليكية ، حساسات التحكم من أجل تدوير الماء أو الهواء أو أي مائع حامل للحرارة عبر الأنابيب ضمن اللوحات اللاقطة للحرارة لذلك هذه الأنظمة تستهلك طاقة كهربائية و لا يمكن اعتبارها كمصدر للطاقة الكهربائية و غالب استخدامها لأغراض التدفئة . الشكل 16 يوضح مبدأ العمل لهذه الأنظمة .

2- الأنظمة الخاملة :

هذه الأنظمة تعتمد على التصميم المعماري للمنزل أو المنشأة و ذلك بالاستفادة من المزايا في تغيرات الطاقة الشمسية على مدار العام دو ن الحاجة لطاقة ميكانيكية فلا تحتوي عل وسائط كهربائية لذلك تعتبر ذات تكلفة اقل و عمر أطول من النوع السابق ، الكثير من المنازل في بقاع مختلفة من العالم يعتمد على هذه الأنظمة في تأمين قسم من احتياجاته للطاقة . الشكل 17 يوضح مبدأ عملها .



الشكل ١٦



الشكل ١٧

14-2 استخدام الطاقة الشمسية لأغراض الطهي :

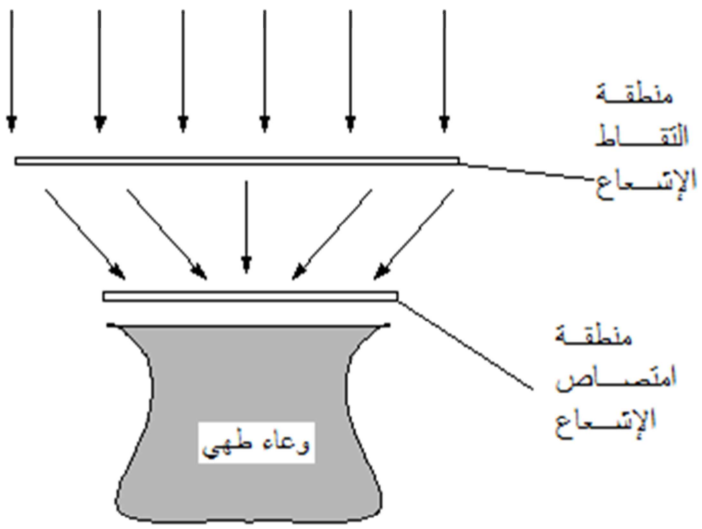
أحد أهم تطبيقات الطاقة الشمسية هو استخدامها لأغراض الطهي ،حيث أن استخدام هذا النوع من الطاقات للأغراض المنزلية اقتصادي جداً وبالنسبة لسكان الريف يعني أيضاً توفير الوقت بالبحث عن الحطب للحريق أو جمع الروث الحيواني و الأهم تقليص عمليات قطع الأشجار بهدف الحصول على الحطب اللازم .لهذا كله تم تصميم عدة نماذج من أجهزة الطهي الشمسية و نجاح هذه التصاميم يعتمد على عدة عوامل : التكلفة ،تدريب المستخدم و سرعة الطهي و إنضاج الطعام .

مبدأ الطهي :

جهاز الطهي الشمسي يعتمد على مبدأ امتصاص الضوء ومن ثم تحويله إلى حرارة لذلك لابد من التقاط الفوتونات بواسطة أسطح شمسية كبيرة نسبياً لتأمين درجة الحرارة المناسبة لعملية الطهي ، الإشعاع الشمسي يجب توجيهه باتجاه وعاء الطهي بحيث تتم عملية تركيز لأشعة الشمس على جدران الوعاء الخارجية وبالتالي يمتص الوعاء المزيد من الطاقة الحرارية أكثر بكثير فيما لوترك معرضاً للأشعة العادية .الشكل 18 يوضح العملية السابقة .

الطاقة اللازمة للطهي :

إن تقدير كمية الطاقة الحرارية اللازمة لطهي كمية معينة من الطعام هي شرط أساسي لتقدير حجم جهاز الطهي اللازم .من المعروف أن عملية الطهي تتطلب رفع درجة حرارة الطعام للدرجة التي تبدأ فيها عملية الطهي حيث أنه معروف بالحرارة المنخفضة جداً لا يمكن الطهي و بعد نضوج الطعام لابد من إيقاف عملية التسخين .



الشكل ١٨

إن كمية الحرارة اللازمة لتسخين جسم معين تعطى بالعلاقة :

$$Q = m \times C_p \times (T_2 - T_1)$$

m : كتلة الجسم مقدرة بالكيلو غرام .

C_p : السعة الحرارية مقدرة با لكيلو جول / كيلو غرام – درجة مئوية .

T_1 : درجة حرارة المحيط .

T_2 : درجة حرارة الطهي اللازمة .

إن القيمة T_2 هي 100 درجة مئوية عند الطهي بالماء المغلي (السلق) .

الحرار ة النوعية هي الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة 1 كغ من المادة درجة مئوية واحدة

الجدول بالأسفل يعطي قيمة الاستطاعة الحرارية (الحرارة النوعية) لبعض الأجسام الصلبة و السائلة و الغازية :

اسم المادة	**الحرارة النوعية $KJ/KG\text{-} C^0$**
الماء العذب	4,18
ماء البحر	3,93
زيت نباتي	1,67
حليب	3,93
نحاس	0,39
ألمنيوم	0,90
هواء	1,01
بطاطا	3,43
بيض دجاج	3,2

من الجدول يتضح أن للماء العذب أعلى حرارة نوعية أي أنه يتطلب مقدار كبير من الطاقة الحرارية لكي نصل به لدرجة الحرارة المطلوبة ، بالاعتماد على الحرارة النوعية للماء يمكن معرفة الحرارة النوعية لبعض الأجسام الأخرى بمعرفة وزن هذه الأجسام .

كمثال : ماهي كمية الحرارة اللازمة لطهي نصف كيلو من الأرز ؟

1- لابد من معرفة كتلة جملة الطهي بأكملها : كتلة الوعاء ، كتلة الماء ، كتلة الأرز .
لنفرض أن وعاء الطهي مصنوع من النحاس ذو الحرارة النوعية 0,39 ووزنه 0,6 كغ فالطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارته درجة واحدة هي : 0,39 x 0,6= 0,234 ك جول/ درجة

2- كمية الماء اللازمة هي 0,5 كغ فالطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارته درجة واحدة هي
0,5 x 4,18 = 2,09 ك جول/ درجة

3- بافتراض أن الأرز سيطهى عند درجة الغليان الحرارة النوعية للأرز مساوية للحرارة النوعية للماء فالطاقة الحرارية اللازمة من أجل 0,5 كغ من الأرز هي أيضاً 2,09 ك جول/ درجة

بالتالي الطاقة الحرارية الكلية لرفع درجة حرارة الجملة درجة واحدة هي :
0,234 + 2,09 + 2,09 = 4,41 ك جول / درجة
وحسب المعادلة

$$Q = m \times C_p \times (T_2 - T_1)$$

تكون الطاقة الحرارية الكلية اللازمة لرفع درجة حرارة الجملة إلى الدرجة 100 مئوية :

4,41 x (100- 30) = 308,98 ك جول

$$Q = 308.98 \ KJ$$

بعد الوصول لدرجة حرارة الطهي اللازمة لابد من طاقة حرارية من أجل الحفاظ على درجة الحرارة بشكل ثابت أي تعويض الضياعات الحرارية الناجمة عن انتقال الحرارة ،قيمة هذه الطاقة الحرارية تساوي تقريباً 10 – 30 % من قيمة الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة الطهي للدرجة 100 مئوية لنعتبر هذه القيمة 25 % فتكون الطاقة الحرارية اللازمة لعملية طهي كاملة :
308,98 + 308,98 x 0,25 = 386,25 ك جول

$$Q = 386.25 \ KJ$$

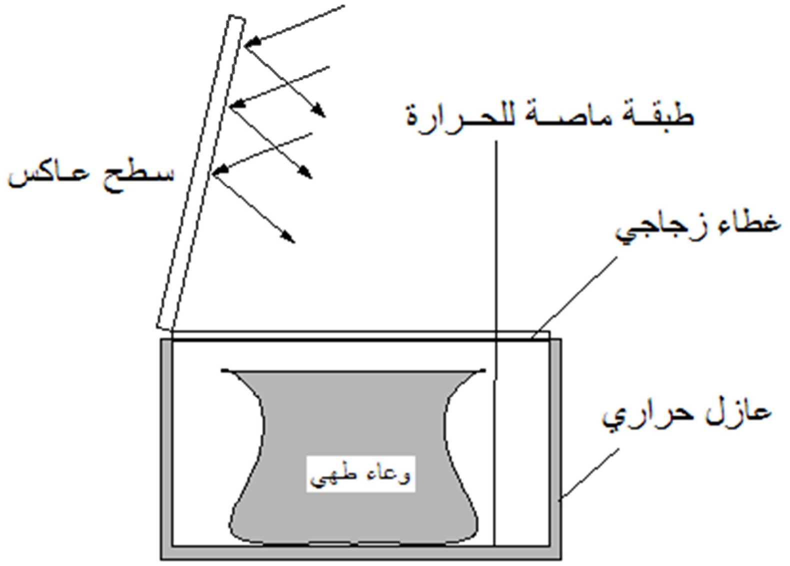
بهذه الطريقة يمكن تقدير الطاقة الحرارية اللازمة لطهي أي كمية من الطعام و بناء عليه يمكن وضع أسس التصميم لجهاز الطهي الشمسي .

* أنواع أجهزة الطهي الشمسية :

جهاز الطهي الصندوقي :

هو صندوق مجهز بحيث يجذب أكبر قدر من الأشعة الشمسية ،الشكل 19، و لعمل ذلك يطلى السطح الداخلي للصندوق بمادة ماصة للحرارة ،طبقة سوداء ،ووعاء الطهي يوضع داخل الصندوق بحيث يمتص الحرارة بشكل مباشر من الشمس و من الطبقة السوداء و لتقليل الضياعات الحرارية من السطح الأعلى يتم تغطية الصندوق بغطاء زجاجي هذا الغطاء يسمح للإشعاع الشمسي بالتغلغل داخل الصندوق ،الطبقة السوداء الداخلية تمتص الإشعاع وترتفع حرارتها ومن ثم تقوم بالإشعاع الحراري على شكل أشعة تحت حمراء التي يمتصها بدوره الغطاء الزجاجي ومن ثم يعكسها داخل الصندوق مسبباً زيادة في درجة حرارته ، هذه الطريقة تسمى بأثر البيت الأخضر ،الضياعات و التسريب الحراري من جوانب الصندوق يمكن الحد منها باستخدام مواد عزل حراري تتوضع على الجدران و على الأرضية .

يمكن أيضاً إضافة مرآة عاكسة لتركيز المزيد من الأشعة الشمسية على الصندوق للوصول لدرجات حرارة أعلى .
إن جهاز الطهي الصندوقي يولد حرارة بحدود 100 إلى 120 درجة مئوية ولهذا السبب الاستخدام الرئيسي لهذا الجهاز من أجل الطهي بالماء المغلي .
يتصف هذا النوع من أجهزة الطهي ببساطة التصميم و سهولة تأمين المواد الأولية اللازمة له ،و أبعاد الصندوق هي 0,5 م للطول و 0,5 م للعرض و 0,3 م للارتفاع .



الشـــكل ١٩

تقدير الوقت اللازم لطهي الطعام :
إن قيمة الإشعاع الشمسي الوسطى هي بحدود 800 واط/ م2 وهذه القيمة كما رأينا غير ثابتة على مدار اليوم فهي بحدود 300 قبل الغروب و 1000 عند الظهيرة .
مساحة السطح المعرض للإشعاع الشمسي لجهاز الطهي هي 0,5 x 0,5 =0,25 متر مربع
وبالتالي مساحة سطح المرآة العاكسة هي 0,25 م2

قيمة المردود لجهاز الطهي الشمسي تتراوح بين 20% إلى 50% في مثالنا سنعتبرها 20%
وجدنا سابقاً أن الطاقة الحرارية اللازمة لعملية طهي كاملة لكمية 0,5 كغ من الأرز هي
386,2 ك جول أي 386200 جول

السطح الكلي لجهاز الطهي + سطح المرآة العاكسة = 0,25 + 0,25 = 0,5 متر مربع

باعتبار قيمة الإشعاع الشمسي 800 واط/ م2 تكون قيمة الاستطاعة المنتجة داخل الجهاز و المقدرة بالواط : 800 x 0,5 x 0,2 =80 واط

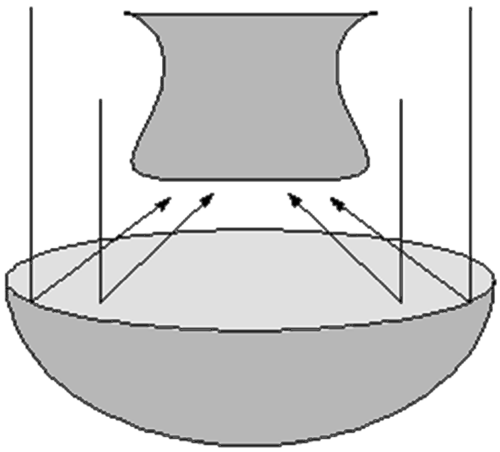
$$P = 80 \ W$$

يمكننا أن نتصور أن الجهاز عبارة عن فرن كهربائي داخله سخان كهربائي باستطاعة 80 واط
قيمة الزمن الكلي اللازم لطهي الطعام :
باعتبار أن واحد واط ساعي يساوي 3600 جول
الزمن الكلي = 3600 x(386200÷ 80) = 1,34 ساعة

يجب الملاحظة أنه بدون وجود المرآة العاكسة يمكن أن يتجاوز زمن الطهي 3 ساعات لنفس الكمية من الأرز كذلك يجب معايرة وضعية المرآة بدقة قبل استخدام الجهاز بما يتناسب مع حركة الشمس و يحقق أكبر تركيز ممكن لأشعة الشمس على الصندوق .

جهاز الطهي الشمسي الصحني :

له نفس مبدأ عمل الجهاز الصندوقي بتحويل الإشعاع الشمسي إلى طاقة حرارية تستعمل للطهي ، لكن الاختلاف بين الجهازين هو في طريقة تركيز الأشعة الشمسية ففي الجهاز الصندوقي تم استخدام سطح عاكس لذلك وكانت الاستطاعة المتولدة داخل الجهاز هي 80 واط قليلة نسبياً و تتطلب زمن طهي طويل كذلك أعلى درجة حرارة يمكن الوصول لها هي 100 درجة مئوية وهي لا تناسب بعض طرق الطهي كالشواء و التحميص ، هذه المشكلة تم التغلب عليها في جهاز الطهي الصحني ففي هذا النوع تركيز الإشعاع الشمسي هو بحدود 20 إلى 50 مرة باستخدام ما يسمى بالتركيز الضوئي ثنائي البعد حيث يتم تركيز الأشعة الواردة من الجانبين في نقطة واحدة هي A كما يوضحه الشكل 20



الشـــكل ٢٠

يمكن حساب نسبة التركيز الضوئي وفق العلاقة التالية :

التركيز الضوئي = القيمة التربيعية لقطر الصحن اللاقط مقسوماً على القيمة التربيعية لقطر الوعاء المستقبل

فمثلاً إذا كان قطر الصحن اللاقط هو 1,5 م و قطر المستقبل 0,3 م عندها يكون التركيز

التركيز الضوئي = $(1,5)^2 \div (0,3)^2$ = 25 مرة

المزايا و المساوئ :

بسبب القيمة العالية لتركيز الضوء فإن الطاقة الحرارية المتولدة مرتفعة أي زمن الطهي قصير نسبياً كذلك يمكن الوصول لدرجات حرارة عالية حتى 400 درجة مئوية بما يناسب أعمال الطهي بالشي و التحميص كذلك يمكن طهي كميات ضخمة من الطعام باستخدام صحون كبيرة القطر بما يفي لإطعام العائلات الكبيرة أو المجموعات البشرية .

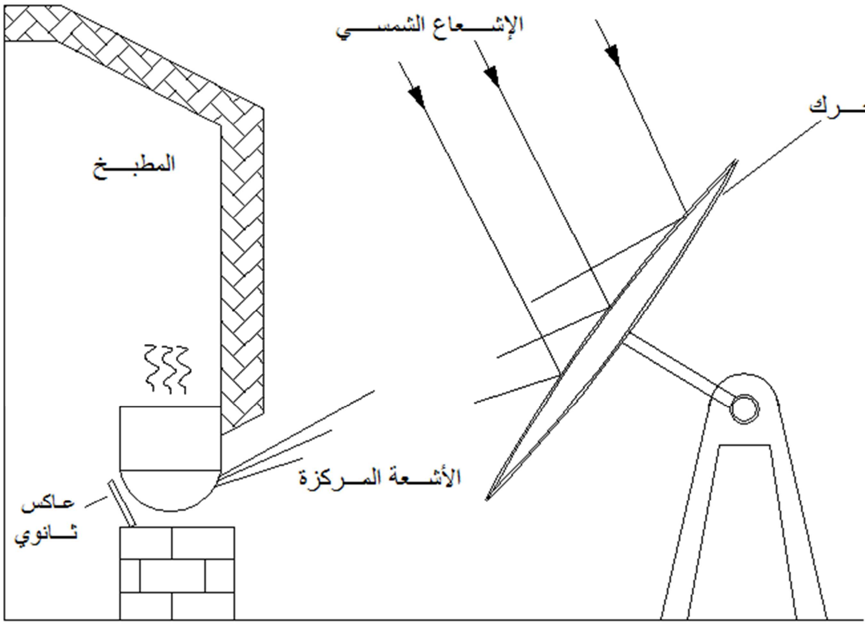
مساوئ هذا النوع من الأجهزة :
أنه يستخدم الإشعاع الشمسي المباشر و لا يستخدم الإشعاع المنتثر و الذي يشكل بحدود 20% من إجمالي الإشعاع الشمسي الكلي الواصل لسطح الأرض .
يتم تركيز الأشعة الشمسية على نقطة واحدة فقط وهذه النقطة تتغير مع حركة الشمس لذلك يجب تصحيح وضعية الإناء بين فترة وأخرى .

تقدير الوقت اللازم للطهي :
- سيتم اعتبار قيمة الإشعاع الشمسي 500 وط / م2 .
- قطر وعاء الطهي 0,3 م فتكون مساحة السطح 0,28 متر مربع .
- قطر صحن التقاط الأشعة 1,5 م فتكون مساحة السطح 7,05 متر مربع .
- نسبة تركيز الإشعاع : 7,05 ÷ 0,28 = 25 .
- المردود الضوئي للصحن اللاقط 75 % و يعتمد على نوعية المادة العاكسة حيث قد يصل إلى 90 % .
- قيمة الطاقة الحرارية الكلية لعملية الطهي (0,5 كغ أرز بوعاء نحاسي) تم حسابها سابقاً 386,2 ك جول .
- حساب كثافة التركيز الإشعاعي عند نقطة التركيز :
كثافة التركيز = نسبة التركيز الإشعاعي x قيمة الإشعاع الشمسي x مردود الصحن اللاقط
=25 x 500 x 0,75 = 9375 واط / متر مربع
- قيمة الإشعاع الفعال عند سطح الوعاء = كثافة الإشعاع x سطح التركيز للوعاء
=9376 x 0,28= 2649 واط
باعتبار المفاقيد الحرارية سوف نأخذ مردود جهاز الطهي 30%
- قيمة الاستطاعة الفعلية عند نقطة التركيز
=9376 x 0,28 = 795 واط
P = 795 W
أي أن جهاز الطهي الصحني يشبه في عمله استخدام سخان كهربائي استطاعته 800 وات و هي استطاعة تعادل عشر مرات الاستطاعة المقدمة من جهاز الطهي الصندوقي .

- الوقت اللازم لعملية الطهي :
باعتبار واحد واط ساعي يساوي 3600 جول (1 Wh = 3600 J)
386200 ÷ (794,8 x 3600) = 0,13 ساعة .

جهاز الطهي بالنقل الحراري :
هذا النوع من الأجهزة له نفس مبدأ عمل الجهازين السابقين إلا أنه يمتلك أعلى قيمة للتركيز الشعاعي إلا أنه يختلف عن النوعيين السابقين بأن المكان الذي يتم فيه توليد الطاقة الحرارية من الطاقة الشمسية يختلف عن المكان الذي تستخدم فيه هذه الطاقة فالحرارة الناتجة في موقع معين يتم نقلها لموقع الاستخدام الذي هو داخل مطبخ على الأغلب كما يوضح ذلك الشكل 21 .
و لهذا السبب فإن استخدام هذا النوع من الأجهزة يتغلب على سيئة الطهي بالعراء .
إن عملية النقل الحراري يمكن أن تتم بعدة أشكال :
1. إعادة توجيه الأشعة الشمسية باستخدام سطح عاكس ثانوي .
2. تسخين وسط ناقل للحرارة .
3. توليد البخار و من ثم نقله لموقع الاستعمال هنا الطاقة الحرارية المحمولة بواسطة البخار أو المائع يمكن استخدامها لأغراض الطهي وهناك ميزة لعملية النقل الحراري فالطاقة الحرارية يمكن جمعها بواسطة أكثر من لاقط و استخدامها في نقطة واحدة فقط .

في الشكل (21) نلاحظ وجود العاكس الأساسي المتجه نحو الشمال و يقوم بتركيز الأشعة الشمسية عند أسفل إناء الطهي بينما يوجد عاكس ثانوي أسفل الإناء و هو موجه للجنوب و يقوم بإعادة توجيه الأشعة غير الواصلة لسطح الإناء .بسبب نسبة التركيز العالية للأشعة فإن درجة الحرارة المتولدة قد تصل حتى 450 درجة مئوية أي تناسب جميع أساليب الطهي .



الشـــكل ٢١

إن نقطة تركيز الأشعة الشمسية تتغير حسب حركة قرص الشمس لذلك لا بد من إعادة توجيه اللاقط باتجاه الشمس و هذا يتطلب استخدام جهاز تعقب الشمس و هو يشكل تكلفة إضافية يمكن اعتبارها من مساوئ استخدام هذا الجهاز كذلك تعطل جهاز التعقب الشمسي سيلغي فوائد الاستخدام و سيبقى العمل معطلاً حتى تنتهي عملية الصيانة .

15-2 نظام تقطير الماء الشمسي :

إن الحصول على ماء الشرب الآمن و النظيف هي من أهم المسائل الحالية في العالم حيث بدون الماء لا وجود لحياة البشر على سطح الأرض . الماء العذب الذي يمكن الحصول عليه من الأنهار أو الينابيع أو الآبار الجوفية لم يعد متوفراً كالسابق و لعل السبب الرئيسي في ذلك هو التلوث البيئي للتربة و المسطحات المائية نتيجة فوضى الصناعة و ما تنتجه من مخلفات ضارة كذلك استخدام المواد الكيميائية المختلفة من مبيدات و أسمدة بنسب عالية و لا يخفى الدور البارز للحروب المندلعة في كافة أرجاء العالم .

يقدر الخبراء أن هناك حوالي بليوني إنسان لا يستطيعون الحصول على الماء الصالح للشرب مما نتج عنه الأمراض المختلفة و أعراض اضطراب النمو عند الأطفال .

إن الماء على سطح الكرة الأرضية و الذي يتمثل بالمحيطات و البحار و البحيرات يشكل حوالي 70% من مساحة سطح الكرة الأرضية ،كما هو معروف ماء البحر لا يصلح للاستهلاك البشري

بسبب احتوائه على نسبة عالية من الملح ، هذا الملح يتواجد على شكل مركبات كلور الصوديوم ، الكبريت ،المغنيزيوم ، البوتاسيوم ...الخ .
بالإضافة للأملاح يوجد أيضاً عناصر أخرى ضارة مثل البكتريات و المعادن الثقيلة مثل الرصاص ، الكادميوم ، الزئبق .

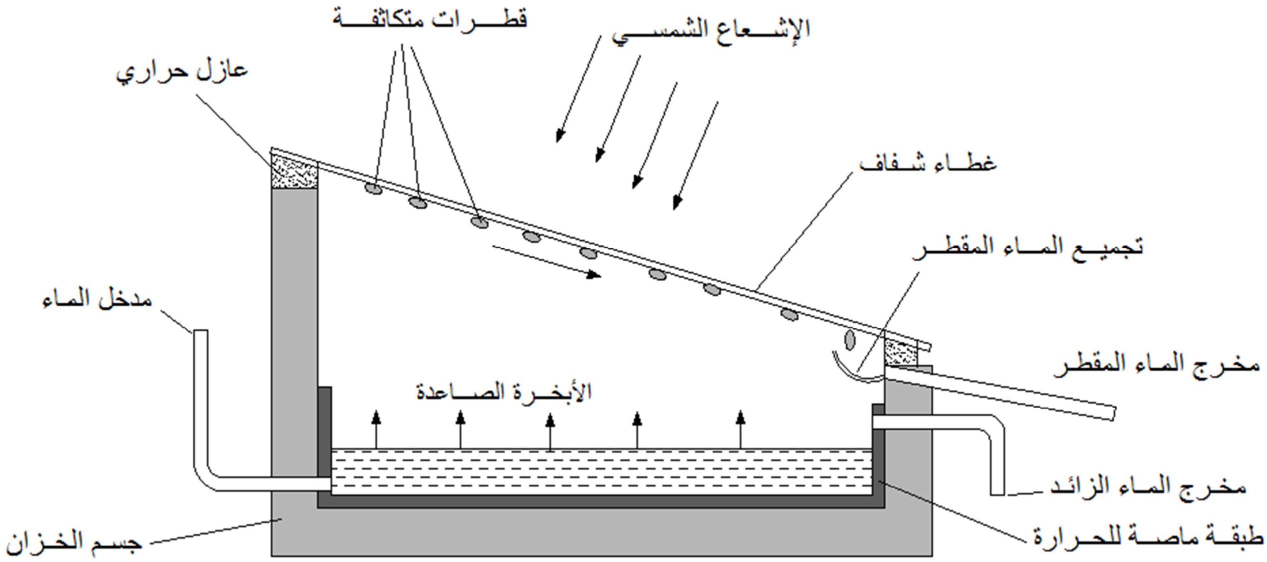
التقطير كعملية طبيعية لتنقية المياه :
عملية تقطير الماء هي من أهم و أبسط الوسائل المنتشرة لتنقية الماء و جعله ماءً صالحاً للشرب .
ففي هذه الطريقة يتم تبخير الماء مخلفاً وراءه جميع الشوائب العضوية و الغير العضوية لذلك فبخار الماء الناتج لا يحوي سوى جزيئات الماء الطبيعي الصالح للشرب بعد التبخير لا بد من تكثيف البخار لإعادته لطبيعته الفيزيائية الأولى كسائل أو ماء شرب ،الطاقة اللازمة لهذه العملية هي طاقة حرارية وحيث أن عملية تبخير الماء لا تتطلب درجات حرارة عالية (100 درجة مئوية) يمكن استخدام الطاقة الشمسية لهذا الغرض .
يمكن تشبيه عملية تقطير الماء بالاعتماد على الطاقة الشمسية بعملية نشوء الأمطار على سطح الأرض فالإشعاع الشمسي المتجه نحو المحيطات و البحار و البحيرات الكبرى يتسبب بحدوث عملية التبخر و بالتالي نشوء السحب في السماء والتي بدورها تحملها الرياح نحو مناطق أكثر برودة فتحصل عملية التكثيف و يتحول البخار إلى جزيئات ماء تتجمع على شكل قطرات و تسقط من الجو على شكل أمطار

إن عملية تقطير الماء بالطاقة الشمسية ذات تاريخ قديم حيث استخدمت هذه الطريقة منذ حوالي ألفي عام ولكن كان الغرض منها استخراج ملح الطعام بالدرجة الأولى . أجهزة التقطير تم استخدامها لأول مرة في مطلع القرن السادس عشر و أول منشأة صناعية تم بناؤها في عام 1872 و ذلك لتأمين ماء الشرب لتجمع سكني عمالي لأحد المناجم في تشيلي بأميركا الجنوبية .

كيف تتم عملية تقطير الماء :
إن طريقة عمل جهاز تقطير الماء مشابهة تماماً لعملية الهطول المطري فهي تتكون من مرحلتين أساسيتين التبخر و التكثيف ، فطاقة الشمس تسخن الماء حتى درجة حرارة التبخر و حين يتبخر الماء يصعد البخار ليصطدم بسطح زجاجي ومن ثم يتكثف على شكل قطرات ماء تنزلق على السطح الزجاجي لتسقط في قناة تجميع خاصة كم يوضحه الشكل 22 .هذه العملية تنقي الماء من كل الشوائب و العوالق العضوية و غير العضوية .
يتم طلاء السطح الداخلي للحوض بمادة سوداء ماصة للحرارة تساعد على امتصاص أشعة الشمس و الغطاء الزجاجي المائل و الموجه باتجاه الشمال يقوم بعكس الإشعاع الحراري إلى داخل الجهاز و على وجه الدقة الغطاء الزجاجي يقوم بامتصاص الإشعاعات تحت الحمراء و يعكس جزءاً منها للداخل و هذه العملية تشبه ظاهرة البيت الأخضر ، نسبة الرطوبة في الهواء بين سطح الماء و الغطاء الزجاجي تزداد بسبب الفرق في درجات الحرارة بين داخل الجهاز (حرارة مرتفع) و الوسط المحيط خارج الغطاء الزجاجي تحدث عملية التكثيف يتم جمع القطرات المتكاثفة في قناة خاصة ثم تفرغ عبر قناة ناقلة إلى خزان خاص.

جدول مكونات التصنيع لنظام تقطير الماء الشمسي

اسم الجزء	مادة الصنع	الوظيفة
حوض الماء	اسمنت أو فيبر غلاس	يحتوي الماء اللازم + العزل الحراري
العازل الحراري	إسفنج البولي اوريثين PUF	لمنع التسريب الحراري
الغطاء الشفاف	زجاج أو بولي ايثلين	لامتصاص الإشعاع الشمسي
المادة الماصة	مطاط البوتيل الأسود أو بولي ايتلين أسود	امتصاص الحرارة حتى درجة 100 مئوية
قناة التجميع	ألمنيوم	تجميع قطرات الماء المتكاثفة
أنابيب الماء	بلاستيك PVC	دخول و خروج الماء



الشـــكل ٢٢

*** عملية التصميم لجهاز التقطير الشمسي :**
العملية بسيطة جداً لكن يجب بالبداية معرفة كمية الماء المقطر المتوقع الحصول عليه يومياً من مساحة قدرها متر مربع واحد و كم هي المساحة الكلية اللازمة التي تفي بمتطلباتنا ، المحددات التالية تؤخذ بعين الاعتبار :

- الحرارة الكامنة لتبخر الماء 2260 ك جول / كغ وهي الطاقة الحرارية اللازمة لنقل كتلة الماء من الحالة السائلة للحالة الغازية .
- كثافة الماء 1 كغ / ليتر .
- مردود جهاز التقطير 30 % .

- قيمة الإشعاع الشمسي اليومي الوسطي 6 ك واط ساعي / م^2/ يوم . هذه القيمة تختلف من موقع لآخر ومن فصل لآخر .
- كمية الماء المقطر اللازمة لليوم الواحد و ستقدر ب 15 ليتر .
- حساب قيمة الإشعاع الشمسي الفعلي = الإشعاع الوسطي اليومي x مردود الجهاز .

= 6 x 0.3 = 1.8 ك وات ساعي /م^2/ يوم .

$1.8\ KWh/m^2\text{-day}$

$6480\ KJ/m^2\text{- day}$

- كمية الماء المقطر مقدرة باللتر للمتر المربع لليوم الواحد :

= قيمة الإشعاع الشمسي الفعلي ÷ الطاقة الكامنة لتبخر الماء

= 6480 ÷ 2260 = 2,68 ليتر/ م^2/ يوم

مساحة السطح الكلية اللازمة للجهاز لتحقيق المتطلبات :

= كمية الاستهلاك اليومي اللازمة ÷ الكمية المنتجة من المتر المربع باليوم

المساحة = 15 ÷ 2.68 = 5.23 م^2 .

العوامل المؤثرة على أداء جهاز التقطير الشمسي :

1- وجود الإشعاع الشمسي : إن نواتج جهاز التقطير تعتمد بشكل رئيسي على حجم الإشعاع الهابط على موقع محدد فعند درجة حرارة أعلى تكون كمية الماء المقطر الناتجة أكبر .

2- سرعة الرياح : وجود سرعة رياح عالية يعني زيادة المفاقيد الحرارية أي انخفاض المردود أي نسبة أقل من الماء المقطر .

3- درجة الحرارة المحيطة : بارتفاع درجة حرارة الوسط المحيط يزداد مردود الجهاز و السبب في ذلك أن الضياعات الحرارية تقل و بانخفاض درجة حرارة المحيط يحد ث العكس .

4-عمق السائل المالح : عندما يكون عمق السائل قليلاً يكون مردود الجهاز أفضل أ لأن العلاقة هنا هي علاقة تناسب عكسي .

5- ميلان الغطاء الزجاجي : يجب أن يكون الميل أكثر من 10 درجات حيث أن الميل القليل قد يجعل القطرات المتكاثفة تسقط في السائل بدلاً من الانزلاق نحو قناة التجميع لذلك يجب أن يتراوح ميل الغطاء من 20 إلى 30 درجة .

6- نوعية الزجاج : يجب أن يصنع الغطاء الزجاجي من مادة لا تلتصق بها قطرات الماء المتكاثف بل على العكس يجب أن تساعد القطرات على الانزلاق أو يمكن وضع طبقة من مادة تقلل الاحتكاك بين الزجاج و الماء كما يجب أن يكون الزجاج قليل الامتصاص ناعم و مصقول .

2- 16 أنظمة التسخين الشمسية :

أحد أهم التطبيقات للطاقة الشمسية هو تحويل الإشعاع الشمسي إلى طاقة حرارية ومن ثم استخدامها مباشرة لعدة أغراض دون الحاجة لآلات ميكانيكية معقدة، بسبب عملية التحويل المباشرة للطاقة يجعل هذه الأنظمة أنظمة عملية و اقتصادية .

مبدأ تحويل الطاقة :

إن مبدأ تحويل الطاقة الشمسية لطاقة حرارية بسيط جداً،فمن المعروف أن أي جسم يتعرض لأشعة الجسم يقوم بعكس قسم من الإشعاع ،نقل قسم آخر ،ويمتص القسم المتبقي .القسم من الإشعاع الذي يمتصه الجسم يتحول إلى طاقة حرارية .
لذلك عملية امتصاص الإشعاع مهمة جداً ولهذا السبب عند بناء نظام تسخين شمسي يجب أن نختار المادة التي لا تعكس و لا تنقل الإشعاع إلا بنسب قليلة جداً ،كذلك من اللازم أن تكون هذه المادة ذات ناقلية حرارية عالية .

*** تطبيقات أنظمة التسخين الشمسية :**

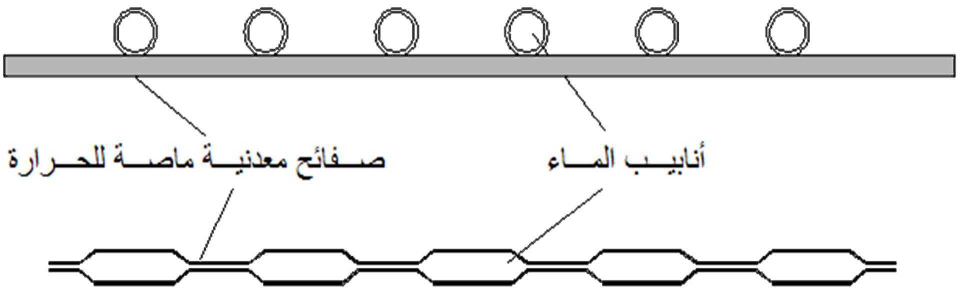
يمكن تقسيم التطبيقات لمزمرتين رئيسيتين :

- التطبيقات المحلية
- التطبيقات الصناعية

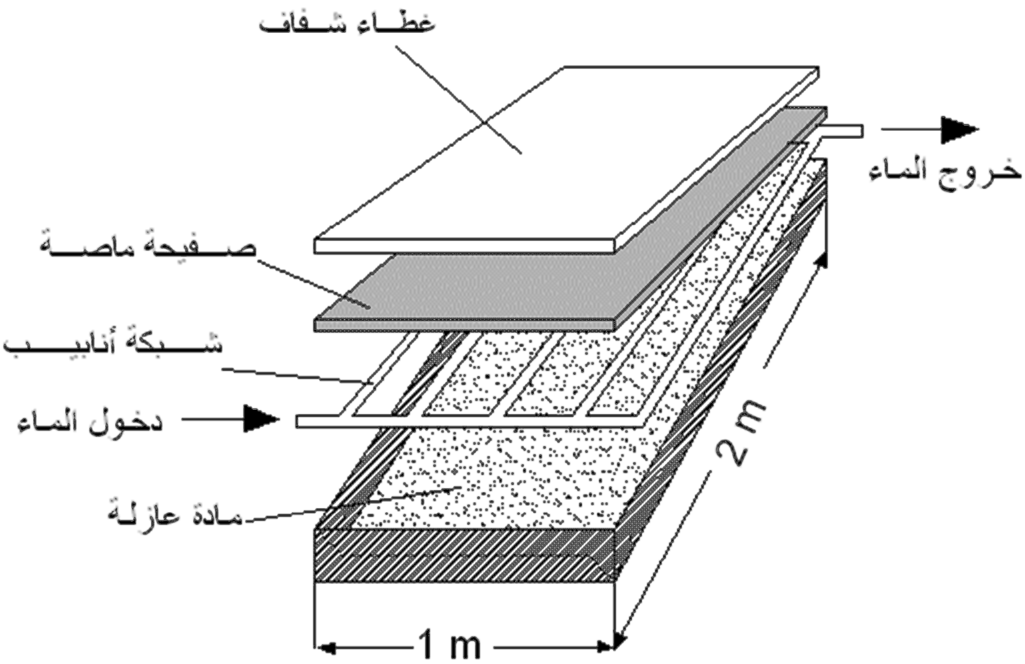
في التطبيقات المحلية الاستخدام الرئيسي من أجل تسخين الماء و أغراض التدفئة .
في التطبيقات الصناعية تستخدم من أجل غلي المراجل البخارية و السخانات الصناعية .
إن درجة الحرارة اللازمة تختلف حسب غرض الاستعمال لكنها بشكل عام تتراوح بين 50 إلى 400 درجة مئوية و بناء على هذا التغير في الحرارة يوجد أشكال و أنواع مختلفة لأجهزة التسخين

*** مبدأ عمل السخان الشمسي ذو الصفائح المستوية :**

السخان ذو الصفائح المستوية يمكن استخدامه للأغراض المحلية والصناعية لتسخين الماء لدرجة حرارة 70 درجة مئوية حيث يمكن لنظام مصمم بشكل جيد أن يؤمن الحرارة المطلوبة لفترة زمنية طويلة و بتكلفة منخفضة . السخان ذو الصفائح المنبسطة سهل التصميم و التصنيع مقارنة مع باقي الأنواع فهو يتألف من لاقط الإشعاع الشمسي أو الطبقة الماصة للحرارة وهي عبارة عن صفائح معدنية ، غطاء زجاجي ، مادة عازلة للحرارة ، أنابيب ، خزان .
إن الجزء الأهم في عمل السخان الشمسي هو الطبقة اللاقطة أو الماصة للإشعاع الشمسي و استخلاص الطاقة الحرارية من الأشعة الشمسية ، الطبقة الماصة هي عبارة عن صفائح معدنية مستوية يتوضع عليها أنابيب ناقلة للماء ، يمكن وضع الأنابيب بطرق مختلفة ، فقد تلتصق بالصفيحة المعدنية مباشرة أو يمكن أن تتوضع بين صفيحتين على شكل الشطيرة أو من الممكن ضغط صفيحتين على بعضهما البعض بحيث ينشأ جسم أو شكل معدني يحوي في داخله فراغات على شكل أنابيب يمكن استخدامها كأنابيب ناقلة للماء .
في الشكل 23 الجزء العلوي من الشكل يوضح طريقة توضع الأنابيب مباشرة على الصفيحة بينما الجزء السفلي يوضح مقطع عرضي لصفيحتين تم ضغطهما على بعض وتشكل بينهما مجار ناقلة للماء.



الشـــكل ٢٣

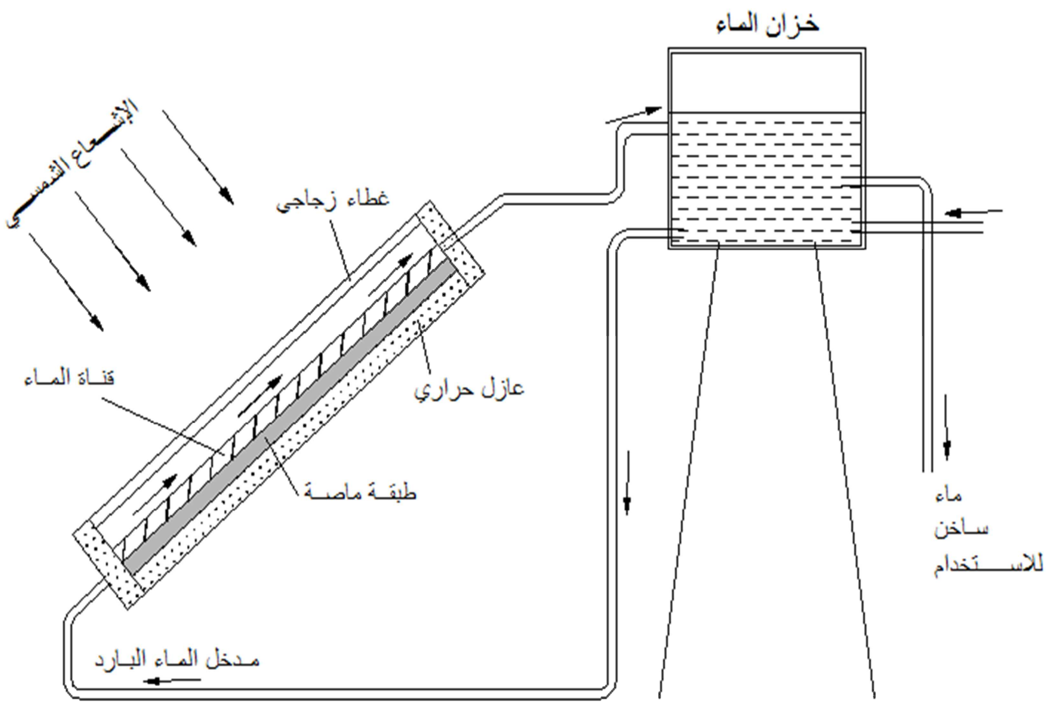


الشكل(23 – ب)

الصفيحة الماصة معزولة حرارياً عند السطح الخلفي و الأطراف من أجل التقليل ما أمكن من الضياعات الحرارية بينما السطح الأمامي مغطى بغطاء زجاجي بلاستيكي شفاف هذا الغطاء يسمح للإشعاع الشمسي بالسقوط على الصفيحة بينما يمنع حدوث الإشعاع الحراري لخارج الصفيحة.
الصفيحة الماصة مع مجموعة أنابيب الماء يتم وصلها إلى خزان الماء بواسطة أنابيب النقل .
يوجد أنبوب لنقل الماء البارد و توزيعه على جملة الأنابيب الملاصقة للصفيحة اللاقطة للإشعاع و أنبوب آخر لنقل الماء المسخن إلى الخزان .
الصفيحة الماصة توضع بشكل مائل بحيث يكون الإشعاع الشمسي الساقط عليها أعظم ما يمكن و لا سيما في فصل الشتاء حيث الحصول على الماء الساخن هو ضرورة .

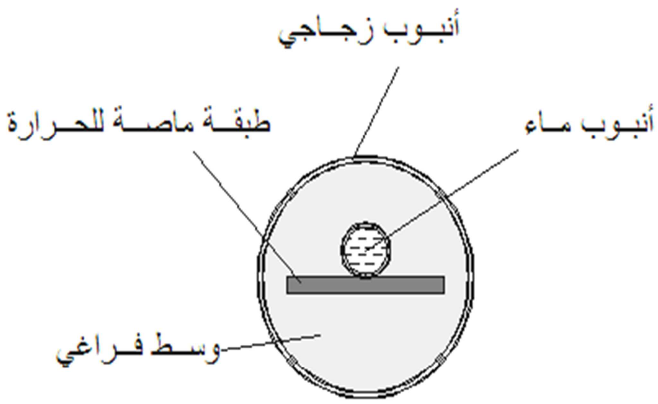
عندما تتلقى الصفيحة الماصة الإشعاع الشمسي تسخن ومن ثم تنتقل الحرارة إلى الأنابيب الناقلة للماء و بدورها الأنابيب تنقل الحرارة للماء الذي ضمنها ، كما هو معروف فإن الكتلة الحجمية أو الكثافة للماء الساخن هي أقل منها للماء البارد أي لو ملأنا عبوة بلاستيكية (عبوة كولا) بماء ساخن فسيكون وزنها أقل فيما لو ملأناها بماء بارد .
بسبب هذا التفاوت في الكثافة فإن الماء البارد عند مدخل الأنابيب يدفع الماء الساخن ضمن المجاري نحو الأعلى باتجاه المخرج ثم إلى الخزان ،هذا النظام لدوران الماء ذو توازن تلقائي لا يحتاج لوسائل تحكم معقدة لأنه يعمل على أساس مبدأ فيزيائي يعرف ب Thermosyphone effect .
عندما يكون خزان الماء معزولاً بشكل جيد يمكن للماء الساخن أن يحافظ على حرارته طيلة فترة الليل حتى ساعات الصباح الأولى حيث تشرق الشمس و تبدأ دورة عمل الجهاز من جديد .
الشكل (24) يوضح مبدأ عمل السخان الشمسي .

السخان الشمسي ذو الأنابيب المفرغة :
لهذا النوع من السخانات نفس مبدأ عمل السخان السابق لكن الفارق الرئيسي يكمن في أن الصفيح الماصة و أنبوب الماء قد تم عزلهما سوية داخل أنبوب زجاجي عازل مفرغ تماماً من الهواء .(vacuum)



الشــكل ٢٤

الشكل(25) يوضح تركيبة الأنبوب المفرغ .



الشكل ٢٥

في السخان ذو الصفائح المستوية تكون الصفائح الماصة متصلة مباشرة مع الهواء المحيط مما يسمح بحدوث ضياعات حرارية و بالتالي انخفاض في مردود السخان ، بينما في السخان ذو الأنابيب المفرغة كون الخلاء هو الوسط المحيط بالصفائح الماصة أي لا يوجد وسيط لنقل الحرارة بعيداً عن الصفائح أي لا يوجد ضياعات حرارية عن طريق النقل لكن تبقى إمكانية الإشعاع الحراري قائمة بنسب ضئيلة فالمردود هنا أعلى من النوع السابق و يمكن الوصول لدرجة حرارة قريبة من 100 درجة مئوية .

استخدام الأنبوب الحراري :

في السخان ذو الصفائح المستوية و السخان ذو الأنابيب المفرغة الحرارة الممتصة من قبل الصفيحة المعدنية يتم نقلها للماء الذي هو على تماس مع الصفيحة . نقل الحرارة من الصفيحة المعدنية إلى الماء يمكن أن يتم بطريقة أخرى تسمى الأنبوب الحراري الذي يعتمد مبدأ الطاقة الكامنة لنقل الطاقة الحرارية ،هذه الطريقة ذات مردود أعلى لكنها أكثر كلفة أيضاً .

تركيز الإشعاع الشمسي :

إن كثافة الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض تكون عظمى وقت الظهيرة و تقدر بقيمة 1000وات للمتر المربع و هي ليست قيمة عالية عموماً و لا تسمح لنا بالحصول على درجات حرارة عالية ، لزيادة قيمة الطاقة الحرارية الناتجة لا بد من تركيز الإشعاع الشمسي الساقط و ذلك باستخدام عدسات أو مرآة وقيمة التركيز تعرف بما يسمى عامل التركيز و الذي يمتلك قيم تتراوح من 2 إلى 1000 .

مثلاً لو اعتبرنا قيمة عامل التركيز 10 و أخذنا بعين الاعتبار قيمة المردود للعدسات و الذي هو عادة 80 حتى 90 % و حيث أن الإشعاع الشمسي يتكون من الأشعة المباشرة و الأشعة المنتشرة ونسبة الأشعة المنتشرة هي تقريباً 10% أي نستخدم عامل ضرب قدره 0,9 فتكون قيمة الإشعاع الشمسي الفعلي بعد التركيز :

10 x 1000 x (للإشعاع) 0,9x (للعدسات) 0,9 = 8,1 ك واط/ م^2

8.1 KW/m^2

مر معنا سابقاً أن التركيز الشمسي يمكن أن يتحقق بطريقتين :التركيز على منحى خطي (أحادي البعد و التركيز على نقطة (ثنائي البعد) ، التركيز الخطي يتم باستخدام اسطوانة لها مقطع قطع مكافئ والتركيز النقطي باستخدام صحن محرقي مقطعه قطع مكافئ .
في التركيز الأحادي البعد يمكن الحصول على درجة حرارة تصل إلى 400 درجة مئوية بينما في التركيز ثنائي البعد قد تصل درجة الحرارة إلى 1000درجة مئوية .
نقطة التركيز تتحرك بتحرك قرص الشمس و هنا يجب أن يتتبع اللاقط الشمسي قرص الشمس ففي التركيز أحادي البعد تكون حركة اللاقط على محور واحد فقط بينما في التركيز ثنائي البعد تكون حركة اللاقط على بعدين .

مثال تصميمي : ما هي مساحة اللاقط الشمسي بناء على المعطيات المبينة بالأسفل :

1- كمية الماء الساخن اللازم يومياً هي 250 ليتر .
2- درجة حرارة التسخين العليا هي 80 درجة مئوية .
3- درجة حرارة الهواء المحيط هي 30 درجة مئوية .
4- قيمة الإشعاع الشمسي اليومي هي 5,5 ك واط ساعي /م^2 / اليوم .
5- مردود جهاز التسخين 40 % .
6- السعة الحرارية للمائع (الماء) هي 4,18 ك جول / كغ/درجة .

الجواب :

- حساب الطاقة الحرارية الفعالة = الإشعاع الشمسي اليومي x مردود السخان
= 0,4 x 5,5 = 2,2 ك واط ساعي /م^2 / اليوم .

و باعتبار أن واحد واط ساعي = 3600 جول = 7920 ك جول/م^2/ اليوم .

- الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة الماء من درجة المحيط 30 إلى درجة التسخين المطلوبة 80 درجة مئوية :
سنستخدم المعادلة التالية : $Q = 4.18 \times m \times \Delta t$
حيث m هي كتلة الماء ب الكغ و تساوي 250 كغ (واحد ليتر ماء يزن واحد كغ)

$$Q = 4.18 \times 250 \times (80 - 30) = 52250 \text{ kj/day}$$

الطاقة اللازمة = 52250 ك جول/ يوم

المساحة اللازمة لسطح الناقل = الطاقة الحرارية اللازمة ÷ الطاقة الحرارية الفعالة
= 52250 ÷ 7920 = 6,6
تقريباً 7 م^2